



## **SKRIPSI**

**PENERAPAN REGRESI NONPARAMETRIK SPLINE DALAM  
MEMODELKAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI  
INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA DI KABUPATEN KOTA  
PROVINSI SULAWESI SELATAN TAHUN 2015**

**ASMIRA  
1317142042**

**PROGRAM STUDI STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN  
ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR  
MAKASSAR  
2017**



## **SKRIPSI**

**PENERAPAN REGRESI NONPARAMETRIK SPLINE DALAM  
MEMODELKAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI  
INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA DI KABUPATEN/KOTA  
PROVINSI SULAWESI SELATAN TAHUN 2015**

*Diajukan kepada Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu  
Pengetahuan Alam Universitas Negeri Makassar untuk memenuhi salah satu  
syarat memperoleh gelar Sarjana Statistika*

**ASMIRA  
1317142042**

**PROGRAM STUDI STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR  
2017**

## **PERNYATAAN KEASLIAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar. Bila dikemudian hari ternyata pernyataan saya terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan oleh FMIPA UNM Makassar.

Yang membuat pernyataan,

Nama : Asmira

NIM : 1317142042

Tanggal : 15 Desember 2017



## PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Sebagai civitas akademika Universitas Negeri Makassar, saya bertanda tangan di bawah ini:

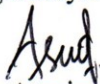
Nama : Asmira  
Nim : 1317142042  
Program Studi : Statistika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Demi kepentingan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Negeri Makassar **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalti-Free Right*)** atas skripsi saya yang berjudul: **Penerapan Regresi Nonparametrik Spline dalam Memodelkan Faktor-faktor yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia Di Kabupaten/kota Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2015** beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Negeri Makassar berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

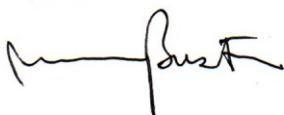
Dibuat di : Makassar  
Pada tanggal : 20 Desember 2017

Yang Menyatakan,

  
Asmira

Menyetujui,

Pembimbing I



Prof. Dr. dr. M. Nadjib Bustan, MPH.  
NIP. 19521003 198010 1 001

Pembimbing II



Muhammad Kasim Aidid, S.Si., M.Si.  
NIP. 19780817 20 0 0812 1 003



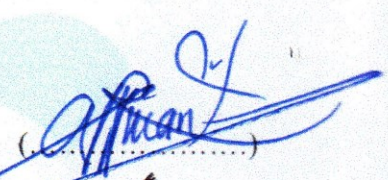

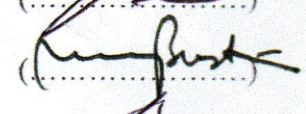


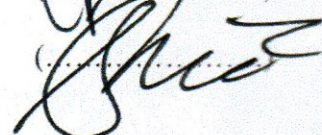
## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh **Asmira** dengan Nomor Induk **1317142042**, berjudul **Penerapan Regresi Nonparametrik Spline dalam Memodelkan Faktor-faktor yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Kabupaten/Kota Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2015**, telah dipertahankan dihadapan dewan penguji dengan SK No. 4654/UN36.1/KM/2017, tanggal 15 Desember 2017 untuk memenuhi sebagai bagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Statistika pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar pada hari Rabu Tanggal 20 Desember 2017.

Disahkan oleh:  
Dekan Fakultas MIPA  
Universitas Negeri Makassar

  
**Prof. Dr. Abdul Rahman, M.Pd.**  
NIP. 196204171988031001

### Panitia Ujian

- |                     |  |   |
|---------------------|--|---|
| 1. Ketua Ujian      | : Prof. Dr. Abdul Rahman, M.Pd.                      | (  ) |
| 2. Sekertaris Ujian | : Prof. Drs. H. M. Arif Tiro, M.Pd.,<br>M.Sc., Ph.D. | (  ) |
| 3. Pembimbing I     | : Prof. Dr. dr. M. Nadjib Bustan, MPH.               | (  ) |
| 4. Pembimbing II    | : Muhammad Kasim Aidid, S.Si., M.Si.                 | (  ) |
| 5. Penguji I        | : Prof. Drs. H. M. Arif Tiro, M.Pd.,<br>M.Sc., Ph.D. | (  ) |
| 6. Penguji II       | : Rizwan Arisandi, S.Si., M.Si.                      | (  ) |

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

*Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya*

(QS. Al-Baqarah/2 : 286)

Man Jadda Wa Jadda”

Barang siapa yang bersungguh -sungguh akan mendapatkannya.

“Bacalah dengan nama Tuhanmu yang menciptakan. Dia telah menciptakan manusia dari segumpah darah. Bacalah, dan Tuhanmulah yang Maha Pemurah, yang mengajar dengan dalam. Dialah yang mengajar manusia segala yang belum diketahui” (Q.S Al-A’laq: 1-5)

Kupersembahkan karya sederhana ini sebagai tanda bukti dan kecintaannku kepada motivator hidupku Ayahanda Alhamsi dan Ibunda Saripahana, beserta Saudara-saudara ku tercinta. Dosen-dosenku yang senantiasa membimbing, Teman-temanku seperjuangan yang memotifasi dan Almamterku.

## ABSTRAK

**Asmira, 2017.** *Penerapan Regresi Nonparametrik Spline dalam Memodelkan Faktor-faktor yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2015.* Skripsi. Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Makassar (dibimbing oleh M.Nadjib Bustan dan M.Kasim Aidid).

Indeks pembangunan manusia (IPM) merupakan sebuah ukuran yang digunakan dalam memantau dan mengevaluasi pembangunan manusia. Indikator yang digunakan untuk mengukur IPM terdiri dari tiga komponen dasar kualitas hidup manusia yaitu peluang hidup (*longevity*), pengetahuan (*knowledge*) dan standar hidup layak (*decent living*). Beberapa faktor yang diduga mempengaruhi IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan yaitu tingkat partisipasi angkatan kerja, rasio sekolah murid, kepadatan penduduk, fasilitas kesehatan, dan Produk domestik regional bruto (PDRB). Hasil plot IPM dengan faktor-faktor yang diduga berpengaruh menunjukkan pola data yang bersifat tidak mengikuti pola tertentu, sehingga data dapat diterapkan pada model regresi nonparametrik *spline truncated*. Pemilihan model terbaik dilihat dari titik knot dan nilai GCV paling minimum. Berdasarkan penelitian, diperoleh nilai GCV paling minimum berada pada tiga titik knot yaitu sebesar 5,33 dengan Nilai sebesar 80,29%

**Kata Kunci :** *Indeks pembangunan manusia, GCV, Regresi Nonparametrik Spline, Titik Knot.*



## ABSTRACT

**Asmira, 2017.** *Application of Spline Nonparametric Regression in Modeling Factors Affecting the Human Development Index in South Sulawesi province Year 2015* Thesis. *Statistics Studies Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences.* Makassar State University (guided by M.Nadjib Bustan and M.Kasim Aidid).

Human development indeks (HDI) is a measure used in monitoring and evaluating human development. Indicators used to measure HDI consists of three basic components of quality of life that is the life chances, knowledge and decent living standards. Several factors are thought to affect the HDI in the district/city in South Sulawesi province that labor force participation rates, the ratio of school pupils, overcrowding, health facilities, and the *Gross Domestic Product* (GDP). When HDI and these factors are plotted then shows the pattern of data that is not to follow a certain pattern, so that the data can be applied to the nonparametric regression model spline truncated. Selection of the best model seen from the point of knots and the minimum value of GCV. Based on research, the value of the minimum GCV is at three knots point is equal to 5.33 Rated amounting to 80.29%

Keywords: *Human development Index, GCV, Nonparametric Regression Spline, Knot Points.*

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

*Alhamdulillah*, segala puji bagi Allah SWT semata, pujian yang banyak, baik dan penuh berkah di dalamnya, yang memiliki raga semua makhluk, atas segala nikmat dan karunia yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai tugas akhir untuk memenuhi salah satu persyaratan guna memperoleh gelar sarjana Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Makassar.

Dibalik terselesaikannya skripsi ini banyak pihak yang telah membantu dan bekerja sama dengan penulis. Melalui pengantar ini penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing yakni bapak Prof. Dr. dr. M. Nadjib Bustan, MPH dan bapak Muhammad Kasim Aidid, S.Si., M.Si yang telah berkenan memberikan waktu luang, arahan, bimbingan serta dengan penuh kesabaran meneliti setiap kata demi kata dalam skripsi ini. Serta kepada dosen penguji yakni bapak Prof. H. M. Arif Tiro, M.Pd., M.Sc., Ph.D dan bapak Rizwan Arisandi, S.Si., M.Si. yang telah memberikan masukan dan saran-saran yang membangun dalam penyelesaian skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih terkhusus kepada Kakak Asfar S.Pd.M.Si yang telah meluangkan waktunya untuk membantu dan mengarahkan penulis, dan kepada teman-teman seperjuangan angkatan 2013 Statistika FMIPA UNM yang telah memberikan dukungan dan bantuan serta mewarnai hari-hari penulis.

Penulis menghaturkan pula ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya terutama kepada:

1. Bapak Rektor Universitas Negeri Makassar.
2. Bapak Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Makassar yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan akademik.
3. Bapak Ketua Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Makassar yang telah mendidik dan memberi motivasi kepada penulis selama dalam proses perkuliahan.
4. Dosen-dosen Program Studi Statistika FMIPA UNM yang telah memberikan ilmunya kepada penulis dan segenap pegawai akademik yang selama ini selalu siap melayani segala urusan akademik penulis.

Tak lupa ucapan yang begitu istimewa penulis haturkan kepada ayahanda tercinta Alhamsi dan Ibunda Saripahana yang tiada henti-hentinya memberikan kasih sayang yang tulus dan menghantarkan doa demi kesuksesan dan kebaikan penulis. Demikian juga buat saudara-saudaraku tercinta Asriana, Asmaun, Asnuddin, Nuraiman, Alfiana, Arfan dan Aina serta sahabat-sahabatku tersayang, Alfiah Safitri, Ichfatira, Ria Putri Utami, Bardiani dan masih banyak lagi yang tidak sempat saya sebutkan satu persatu. Terimakasih atas segala doa, nasehat, kasih sayang, perhatian, dorongan, bantuan, pengorbanan, dan dukungan yang diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan.

Teramat banyak insan yang berjasa dan mempunyai andil kepada penulis selama menempuh pendidikan ini, sehingga tidak sempat dan tidak akan termuat

bila dicantumkan dan dituturkan semuanya dalam ruang yang terbatas ini. Kepada mereka semua, tanpa terkecuali, penulis menghaturkan terima kasih yang teramat dalam dan penghargaan yang setinggi-tingginya.

Segala usaha dan upaya telah dilakukan penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik mungkin namun penulis menyadari sepenuhnya akan kekurangan dan kelemahan yang ada di dalam skripsi ini, hal ini disebabkan oleh keterbatasan ilmu yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati, penulis menerima saran dan kritik yang bersifat membangun demi penyempurnaan lebih lanjut. Akhirnya, penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Makassar, 18 Desember 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PENGESAHAN SKRIPSI.....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>PERSETUJUAN PUBLIKASI.....</b>	<b>iv</b>
<b>MOTTO DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Pertanyaan Penelitian.....	3
D. Tujuan Penelitian .....	3
E. Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	
A. Tinjauan Pustaka.....	5

1. Analisis Regresi Klasik .....	5
2. Regresi Nonparametrik <i>Spline</i> .....	7
a. Estimasi parameter regresi <i>spline</i> .....	8
b. Pemilihan titik knot optimal regresi <i>spline</i> .....	10
3. Pengujian Parameter Model Regresi.....	11
a. Pengujian secara serentak .....	12
b. Pengujian secara individu .....	13
4. Pengujian Asumsi Residual Model Regresi.....	14
a. Pengujian normalitas.....	14
b. Pengujian heteroskedastisitas.....	14
5. Koefisien Determinasi .....	15
6. Indeks Pembangunan Manusia.....	16
B. Kerangka Pikir .....	17

### **BAB III METODE PENELITIAN**

A. Sumber Data.....	19
B. Defenisi Operasional Peubah.....	19
C. Teknik Analisis Data.....	21

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....23 A.**

#### Hasil Penelitian

1. Statistika Deskriptif .....	23
2. Analisis Pola Hubungan Faktor-faktor yang diduga mempengaruhi IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2015.....	27
3. Pemilihan Titik Knot Optimum .....	30 a.
Pemilihan titik knot dengan satu titik knot.....	30



b. Pemilihan titik knot dengan dua titik knot .....	32
c. Pemilihan titik knot dengan tiga titik knot.....	33
d. Pemilihan titik knot terbaik.....	35
4. Pengujian Signifikansi Parameter Model Regresi Nonparametrik Spline.....	36
a. Pengujian simultan/serentak.....	36
b. Pengujian parsial/individu.....	37
5. Pengujian Asumsi Residual.....	39
a. Pengujian normalitas residual .....	39
b. Pengujian heteroskedastisitas.....	40
6. Koefisien Determinasi.....	41
B. Pembahasan.....	42
1. Karakteristik Penelitian .....	42
2. Interpretasi Model dari IPM menggunakan Regresi Nonparametrik Spline.....	43

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

A. Kesimpulan.....	4
B. Saran .....	50
.....	51
.....	53

## **DAFTAR**

## **PUSTAKA.....**

## **LAMPIRAN.....**

## DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
2.1	Analisis Ragam (ANOVA) Uji Parameter .....	12
3.1	Peubah-peubah Penelitian.....	21
4.1	Statistika Deskriptif Peubah Respon dan Peubah Prediktor .....	23
4.2	Nilai GCV Satu Titik Knot .....	31
4.3	Nilai GCV Dua Titik Knot.....	32
4.4	Nilai GCV Tiga Titik Knot.....	34
4.5	Perbandingan Nilai GCV .....	35
4.6	Analisis Ragam Uji Serentak.....	37
4.7	Hasil Pengujian Estimasi Peubah Secara Parsial.....	38
4.8	Analisis Ragam Uji Glejser.....	40

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
2.1	Skema Kerangka Pikir.....	18
3.1	Prosedur Teknik Analisis Data.....	22
4.1	IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015.....	23
4.2	TPAK kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015 .....	24
4.3	RSM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015 .....	25
4.4	Kepadatan penduduk kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015.....	25
4.5	Fasilitas kesehatan kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015.....	26
4.6	PDRB kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015 .....	27

4.7 Pola hubungan TPAK dengan IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015.....	28
4.8 Pola hubungan RSM dengan IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015.....	28
4.9 Pola hubungan kepadatan penduduk dengan IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015 .....	29
4.10 Pola hubungan fasilitas kesehatan dengan IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015 .....	29
4.11 Pola hubungan PDRB dengan IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015.....	30
4.12 Uji Normalitas Residual <i>Kolmogorov-Smirnov</i> .....	40



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) diperkenalkan pertama kali oleh *United Nations Development Programme* (UNDP) pada tahun 1990. IPM merupakan sebuah ukuran yang digunakan dalam memantau dan mengevaluasi pembangunan manusia. Indikator yang digunakan untuk mengukur IPM terdiri dari tiga komponen dasar kualitas hidup manusia yaitu peluang hidup (*longevity*), pengetahuan (*knowledge*) dan standar hidup layak (*decent living*). IPM di Sulawesi Selatan tahun 2015 tercatat sebesar 69,15, meningkat dibanding tahun sebelumnya sebesar 68,49. Sepanjang periode tahun 2010-2015 IPM terus meningkat. Meski meningkat, namun tidak tertutup kemungkinan nilainya akan menurun tergantung dari pergerakan masing-masing peubah yang mempengaruhi. Karena nilai peubah penyusun IPM yang tidak menentu maka hal ini menjadi krusial untuk diteliti. Untuk mengetahui faktor-faktor yang diduga mempengaruhi IPM, umumnya digunakan analisis regresi klasik. Namun untuk data IPM di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015 tidak cocok digunakan dalam analisis regresi klasik karena data menunjukkan bentuk pola hubungan antara IPM dengan peubah yang diduga mempengaruhinya tidak memiliki pola tertentu sehingga menggunakan metode regresi nonparametrik. Menurut Hardle (1990) metode yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah dalam model regresi nonparametrik yaitu *Spline*. *Spline* mempunyai keunggulan dalam mengatasi pola data yang

bersifat tidak mengikuti pola tertentu, yang menunjukkan naik atau turun yang tajam dengan dengan bantuan titik-titik knot, serta kurva yang dihasilkan relative mulus.

Hal ini sejalan dengan beberapa penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kornelius (2016) dikatakan bahwa data IPM di Indonesia dapat diterapkan pada model regresi nonparametrik *spline truncated*. Pada tahun yang sama, penelitian juga dilakukakn oleh Yanthi (2016) dan dihasilkan bahwa model regresi nonparametrik spline terbaik untuk pemodelan IPM di Jawa Tengah adalah dengan menggunakan kombinasi titik knot. Berdasarkan penjelasan diatas, maka dilakukan penelitian tentang penerapan regresi nonparametrik *Spline* dalam memodelkan faktor-faktor yang mempengaruhi IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015.

Dalam menentukan model regresi nonparametrik *spline* terbaik ada beberapa hal yang perlu dilakukan yaitu menentukan letak titik knot dan jumlah titik knot. Untuk memilih model spline terbaik dilihat dari nilai GCV minimum.

## **B. Rumusan Masalah**

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) dalam beberapa tahun terakhir semakin sering digunakan untuk melihat paradigma pembangunan. Indikator yang digunakan untuk mengukur IPM terdiri dari tiga komponen dasar kualitas hidup manusia yaitu peluang hidup (*longevity*), pengetahuan (*knowledge*) dan standar hidup layak (*decent living*). Untuk lebih meningkatkan kesignifikanan nilai IPM salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan memaksimalkan masingmasing komponen pembentuk IPM yang menonjol di Provinsi Sulawesi Selatan, misalnya indeks pengetahuan. Dalam upaya memaksimalkan komponen tersebut, kita perlu



mengetahui pola hubungan faktor-faktor yang mempengaruhi IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan, dengan menggunakan analisis regresi nonparametrik. Cara yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah dalam regresi nonparametrik tersebut adalah dengan menggunakan regresi *Spline*.

### **C. Pertanyaan Penelitian**

1. Bagaimana karakteristik IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015?
2. Bagaimana model dari IPM menggunakan regresi nonparametrik *Spline*?
3. Faktor apa yang paling berpengaruh terhadap IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015?

### **D. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan permasalahan yang dirumuskan, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui karakteristik IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015.
2. Untuk mengetahui model dari IPM dengan menggunakan regresi *Spline*.
3. Untuk mengetahui faktor apa yang paling berpengaruh terhadap IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015.

### **E. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Manfaat teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan keilmuan yang luas kepada mahasiswa Statistika khususnya bagi peneliti agar dapat menerapkan ilmu statistik selama perkuliahan dan menambah pengetahuan mengenai Indeks Pembangunan Manusia.

## 2. Manfaat praktis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi bagi pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan, instansi terkait maupun masyarakat mengenai indeks pembangunan manusia dan ini diharapkan mampu menjadi bahan pertimbangan bagi tiap-tiap daerah dalam pengambilan kebijakan yang berkenaan dengan peningkatan pembangunan manusia di daerahnya.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### A. Tinjauan Pustaka

##### 1. Analisis Regresi Klasik

Analisis regresi merupakan sebuah metode Statistika yang memberikan penjelasan tentang pola hubungan (model) antara dua peubah atau lebih (Drapper dan Smith, 1992). Peubah yang mempengaruhi adalah peubah  $X$  (peubah bebas) dan peubah yang dipengaruhi adalah peubah  $Y$  (peubah terikat), maka hubungan antara sepasang peubah  $X$  dan  $Y$  dalam bentuk linier dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Y = X\beta + \epsilon \quad (2.1)$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} Y &= \text{vektor yang berukuran } n \times 1, \\ X &= \text{matriks peubahindependen berukuran } n \times (k+1), \\ \beta &= \text{vektor koefisienregresi } (k+1) \times 1, \\ \epsilon &= \text{vektor error ukuran } n \times 1. \end{aligned}$$

Secara umum dapat ditulis dalam bentuk matriks sebagaimana persamaan (2.1)

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nk} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \vdots \\ \epsilon_n \end{pmatrix}$$

5

Dimana:

$$= \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Metode yang digunakan untuk menaksir koefisien regresi klasik adalah metode *Maximum Likelihood Estimator (MLE)*. Berikut Dari persamaan (2.1), maka fungsi distribusi peluang gabungan dari adalah:

$$L(\beta_0, \beta_1) = \prod_{i=1}^n \frac{1}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{(y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2.2)$$

Untuk menentukan penduga parameter menggunakan metode MLE, terlebih dahulu ditentukan fungsi *likelihood* yang diperoleh dari fungsi distribusi peluang gabungan pada persamaan (2.2) di atas sebagai berikut:

$$L(\beta_0, \beta_1) = \prod_{i=1}^n \frac{1}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{(y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2}{2\sigma^2}\right)$$

$$= \frac{1}{(\sigma^2)^n} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2\right)$$

Untuk memperoleh estimasi parameter adalah memaksimumkan fungsi *likelihood* dengan cara menurunkannya terhadap . Sehingga diperoleh adalah sebagai berikut:

$$= \left( \frac{1}{\sigma^2} \right)$$

Tujuan dari analisis regresi adalah mendapatkan estimasi parameter yang sesuai dengan bentuk kurva regresi. Jika bentuk kurva regresi diketahui, maka dapat digunakan regresi parametrik, sedangkan jika bentuk kurva regresi tidak diketahui

dan tidak terdapat informasi lengkap sebelumnya maka dapat menggunakan pendekatan nonparametrik.

## 2. Regresi Nonparametrik *Spline*

Regresi nonparametrik disebut juga statistik sebaran bebas. Statistik nonparametrik tidak mensyaratkan bentuk sebaran dari populasinya sehingga dapat diaplikasikan untuk data baik yang menyebar normal maupun tidak. Regresi nonparametrik adalah suatu metode pemodelan yang tidak terikat akan asumsi dari persamaan regresi tertentu yang memberikan fleksibilitas yang tinggi dalam menduga sebuah model. Regresi nonparametrik juga merupakan suatu metode statistika yang digunakan untuk mengetahui hubungan peubah tak bebas dan peubah bebas yang tidak diketahui bentuk fungsinya, hanya diasumsikan *smooth* (mulus) dalam arti termuat dalam suatu ruang fungsi tertentu, sehingga regresi nonparametrik sangat memperhatikan fleksibilitasnya (Eubank, 1988).

Pendekatan regresi nonparametrik yang banyak digunakan adalah *spline truncated*. *Spline truncated* merupakan potongan-potongan polinomial yang memiliki sifat tersegmen dan kontinu. Salah satu kelebihan *spline truncated* adalah mempunyai sifat fleksibilitas yang tinggi dan cenderung mencari sendiri estimasi data kemanapun pola data tersebut bergerak. Kemampuan mengestimasi perilaku data ini ditunjukkan oleh fungsi *truncated* (potongan-potongan) yang melekat pada estimator dan potongan-potongan tersebut yang disebut titik knot.

Spline merupakan salah satu jenis *piecewise* polinomial, yaitu polinomial yang memiliki sifat tersegmen. Sifat tersegmen ini memberikan fleksibilitas yang lebih baik dari polinomial biasa, sehingga memungkinkan untuk menyesuaikan diri secara lebih efektif terhadap karakteristik lokal suatu fungsi atau data. *Spline*

mempunyai keunggulan dalam mengatasi pola data yang menunjukkan naik atau turun yang tajam dengan bantuan titik-titik knot, serta kurva yang dihasilkan relative mulus (Härdle, 1990). Secara umum, fungsi *spline* truncated dengan derajat  $m$  dan titik-titik knot,  $x_1, \dots, x_m$ , adalah suatu fungsi yang dapat ditulis dalam bentuk persamaan (2.3)

$$f(x) = \beta_0 + \beta_1 x + \sum_{j=1}^m \beta_j (x - x_j)_+^{j-1}, \quad (2.3)$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$= \sum_{j=1}^m \beta_j (x - x_j)_+^{j-1} + \beta_0 + \beta_1 x$$

Dengan fungsi sepenggal (*truncated*) sebagai berikut:

$$(x - x_j)_+^k = \begin{cases} (x - x_j)^k & \text{if } x \geq x_j \\ 0 & \text{if } x < x_j \end{cases} \quad (2.4)$$

Dimana  $y$  adalah peubah respon,  $x$  peubah prediktor,  $f(x)$  adalah fungsi regresi yang tidak mengikuti pola tertentu, dan  $\epsilon$  adalah *error* acak yang diasumsikan identik, independen, dan berdistribusi normal dengan mean nol dan variansi  $\sigma^2$  (Wahba, 1990). Sebagai salah satu ilustrasi sederhana diberikan *spline* linear *truncated* dengan tiga titik knot pada  $x_1, x_2, x_3$  diberikan oleh:

$$f(x) = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 (x - x_1)_+ + \beta_3 (x - x_2)_+ + \beta_4 (x - x_3)_+$$

Fungsi *spline*  $f(x)$  dapat disajikan dalam bentuk:

$$+$$



$$f' + \dots + (-1)^{k-1} \dots$$

$$() = \begin{cases} \dots + \dots + (-1)^{k-1} \dots + (-1)^{k-1} \dots \end{cases}$$

$$\leq \leq \dots$$

#### a. Estimasi parameter regresi *spline*

Metode yang digunakan untuk mengestimasi parameter model regresi nonparametrik *Spline* adalah *Maximum Likelihood Estimator (MLE)*. Berikut estimasi regresi *spline* dapat dinyatakan pada persamaan (2.5). Mengestimasi parameter model regresi *spline* dengan metode MLE dengan asumsi *error*

$\sim N(0, \sigma^2)$  dengan langkah menyusun fungsi *likelihood* dari PDF distribusi normal sebagai berikut :



$$, \quad = 1, 2, \dots,$$

diperoleh fungsi *likelihood* yang dibentuk dari PDF distribusi normal menurut Respita (2017) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} (, , ) &= (, ) \\ &= (2) - \left( - \frac{1}{2} \left( - \left( \sum ( ) \right) \right) \right) \end{aligned} \quad (2.5)$$

Selanjutnya yang merupakan *spline truncated* dengan titik-titik knot, ..., akan dibentuk seperti berikut:

$$\begin{aligned} ( ) &= + + ( - ) + + ( - ) \\ ( ) &= + + ( - ) + + ( - ) \\ &\vdots \\ ( ) &= + + ( - ) + + ( - ) \end{aligned}$$

Sehingga jika disajikan dalam bentuk matriks menjadi:

$$\begin{aligned} \Sigma \begin{pmatrix} ( ) \\ - \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} 1 & \dots & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \dots & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} ( - ) \\ \vdots \\ ( - ) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} ( - ) \\ \vdots \\ ( - ) \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (2.6)$$

Matriks (2.6) tersebut dapat dipresentasikan menjadi:

$$( ) = (,)$$

Selanjutnya, fungsi *likelihood* akan menjadi sebagai berikut:

$$(, , ) = (2) - \left( - \frac{1}{2} \left( - (, ) \right) - (, ) \right) \quad (2.7)$$

Apabila persamaan (2.7) diderivatifkan parsial terhadap  $\beta$  kemudian hasilnya disamakan dengan nol, didapat:

$$\frac{\partial \ell(\beta)}{\partial \beta} = -\frac{1}{2} \left[ -\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{y_i - \hat{y}_i}{\sigma^2} \right) \right] = 0$$

Dengan sedikit penjabaran dan mengingat  $\mathbf{X}$  merupakan matriks dengan *rank* penuh, maka diperoleh estimasi *Likelihood* untuk  $\beta$  adalah:

$$\hat{\beta} = \left( \mathbf{X}^T \mathbf{X} \right)^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y}$$

#### b. Pemilihan titik knot optimal regresi *spline*

Titik knot merupakan bagian yang sangat penting dalam regresi *Spline*. Oleh karena itu agar diperoleh *Spline* yang optimal perlu dipilih titik knot yang optimal, berapa jumlahnya dan dimana letak titik-titik knot tersebut. Titik knot merupakan titik perpaduan bersama dimana terdapat perubahan perilaku pada data. Terdapat 2 strategi untuk menyelesaikan permasalahan ini, strategi pertama adalah memilih banyaknya knot yang relatif sedikit, sedangkan strategi kedua adalah kebalikannya yakni menggunakan knot yang relatif banyak. Dari kedua hal tersebut yang paling baik yaitu dengan menggunakan prinsip *parsimony* atau kesederhanaan model. Salah satu metode yang digunakan untuk pemilihan titik knot optimal adalah *Generalized Cross Validation* (GCV). Metode GCV mempunyai sifat asimtotik jika dibandingkan dengan metode lain, misalnya *Cross validation* (CV) (Wahba, 1990). Model *Spline* dengan nilai GCV terkecil dari titik knot optimal merupakan model *Spline* yang terbaik. Fungsi GCV untuk pemilihan titik knot dapat ditunjukkan dalam persamaan (2.8) menunjukkan fungsi GCV (Eubank, 1992).

$$GCV(\hat{\beta}) = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\left( 1 - \frac{tr(\mathbf{H})}{n} \right)^2}$$

$$CV(\lambda) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{n-1} \sum_{j \neq i} (y_j - \hat{y}_j(\lambda))^2 \quad (2.8)$$

Keterangan:

$CV(\lambda)$  = generalized Cross Validation,

$\lambda$  = parameter,

$y_j$  = data,  $\hat{y}_j(\lambda)$  =

$n$  = banyak data,  $tr$

= trace,

$I$  = matriks identitas,

$$= (y_j - \hat{y}_j(\lambda))^2 = (y_j - (y_j - \lambda^{-1} \sum_{k=1}^n y_k))^2 = (\lambda^{-1} \sum_{k=1}^n y_k)^2.$$

### 3. Pengujian Parameter Model Regresi

Uji parameter model regresi dilakukan untuk menentukan peubah prediktor terhadap peubah respon. Pada regresi nonparametrik *Spline*, uji parameter akan dilakukan setelah mendapatkan model regresi dengan titik knot optimal berdasarkan GCV yang paling minimum. Terdapat dua tahap pengujian parameter yaitu secara serentak dan secara individu.

#### a. Pengujian secara serentak

Pengujian model secara serentak merupakan uji parameter kurva regresi secara simultan dengan menggunakan uji  $F$ . Diberikan model regresi nonparametrik *Spline* derajat  $q$  dengan knot-knot  $\tau_1, \dots, \tau_{k-1}$ ,

$$y = \sum_{j=0}^q \beta_j x^j + \sum_{k=1}^{k-1} \beta_{k+q} (x - \tau_k)_+^q + \epsilon \quad (2.9)$$

Hipotesis pada uji serentak sebagai berikut:

$$\beta_0 = 0$$

: minimal ada  $\beta_j = 1, 2, \dots, (p + r)$

Statistik uji yang digunakan sebagai parameter itu adalah:

$$F = \frac{\text{Mean Square (MS)}}{\text{Mean Square (MS)}} \quad (2.10)$$

Pengujian parameter model secara serentak dapat disajikan menggunakan

Analysis of Variance (ANOVA) yang disajikan dalam Tabel 2.1 sebagai berikut.

**Tabel 2.1** Analisis Ragam (ANOVA) Uji Parameter

Sumber Variasi	df	Sum Square (SS)	Mean Square (MS)	F <sub>hitung</sub>
Regresi	$p(m + r)$	$(\dots)$	$\frac{\dots}{\dots}$	$\frac{\dots}{\dots}$
Error	$n - p(m + r) - 1$	$(\dots)$	$\frac{\dots}{\dots}$	
Total	$n - 1$	$(\dots)$	$\frac{\dots}{\dots}$	

Tolak jika  $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ ; (atau  $p\text{-value} < \alpha$ ) menunjukkan bahwa

paling sedikit terdapat satu parameter yang tidak sama dengan nol.

#### b. Pengujian model secara individu

Pengujian secara individu digunakan untuk mengetahui apakah parameter secara individual mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap peubah respon, dengan hipotesis sebagai berikut:

$$\beta_j = 0$$

$$\beta_j = 1, 2, \dots, (p + r)$$

pengujian secara individu dilakukan dengan menggunakan

uji  $t$ . Statistik uji yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$= \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (e_i - e_j)^2}{2n(n-1)} \quad (2.11)$$

Dengan,

$$D = \text{diag} [(e_1, e_2, \dots, e_n)]$$

Dimana  $\sigma^2$  merupakan MSE. tolak  $H_0$  jika  $D > (1, \alpha)$ , atau  $p\_value < \alpha$ .

#### 4. Pengujian Asumsi Residual Model Regresi

Pengujian asumsi residual (*goodness of fit*) model regresi yang dilakukan untuk mengetahui apakah residual yang dihasilkan sudah memenuhi ketiga asumsi yaitu identik dan berdistribusi normal. Pengujian asumsi independen tidak dilakukan karena data yang digunakan adalah data *cross section*.

##### a. Uji normalitas

Uji *Kolmogorov-Smirnov* bertujuan untuk mengetahui apakah suatu data telah mengikuti suatu distribusi tertentu.

Formulasi hipotesis:

$$H_0: F(x) = F_0(x)$$

$H_1$ :  $F(x) \neq F_0(x)$  atau

$H_0$ : residual berdistribusi normal

$H_1$ : residual tidak berdistribusi normal

Statistik Uji:

$$D = \max |F_n(x) - F_0(x)| \quad (2.13)$$

Tolak  $H_0$  apabila  $D > D_{\alpha}$ .

adalah nilai kritis untuk uji *Kolmogorov Smirnov* satu sampel, diperoleh dari tabel *Kolmogorov Smirnov* satu sampel,  $(\alpha)$  adalah nilai peluang kumulatif (fungsi distribusi kumulatif) berdasarkan data sampel,  $(n)$  adalah nilai peluang kumulatif (fungsi distribusi kumulatif) dibawah  $\alpha$ .

#### b. Uji heteroskedastisitas

Uji asumsi identik terpenuhi jika varian antar residual sama atau tidak terjadi heteroskedastisitas.

$$\sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \dots = \sigma^2_m ; \\ = 1, 2, \dots, (2.14)$$

Asumsi identik terpenuhi jika sebaran plot tidak membentuk suatu pola tertentu (tersebar secara acak) bila sebaran plot membentuk pola tertentu maka mengindikasikan terjadi heteroskedastisitas. Identifikasi heteroskedastisitas selain dilakukan dengan menggunakan metode grafis dapat juga dilakukan dengan menggunakan uji glejser.

Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \dots = \sigma^2_m$$

$$H_a : \text{minimal ada satu } \sigma^2_i \neq \sigma^2_j ; i, j = 1, 2, \dots, m$$

Statistik uji yang digunakan pada uji *Glejser* menggunakan  $F_{hitung}$  yaitu :

$$F_{hitung} = \frac{\sum_{i=1}^m (n_i - 1) S_i^2}{\sum_{i=1}^m (n_i - 1) S_i^2} = \frac{\sum_{i=1}^m (n_i - 1) S_i^2}{\sum_{i=1}^m (n_i - 1) S_i^2} \quad (2.15)$$

Daerah penolakan yakni  $F_{hitung} > F_{tabel}$  jika:

$F_{hitung} > F_{tabel} ; (q, m)$  ,  $(q, m)$  atau  $p\text{-value} < \alpha$  . Dimana nilai  $(q + m)$  adalah

banyaknya parameter.

## 5. Koefisien Determinasi

Semakin tinggi nilai yang dihasilkan suatu model, maka semakin baik pula peubah-peubah prediktor dalam model tersebut dalam menjelaskan variabilitas peubah respon (Drapper dan Smith,1992). Berikut merupakan rumus untuk menghitung ,

$$= \text{_____} \times 100\% \quad (2.16)$$

Selain itu, pemilihan model juga akan memperhatikan banyak parameter yang digunakan dalam model tersebut. Hal ini dijelaskan oleh prinsip parsimoni, dimana suatu model regresi yang baik adalah model regresi dengan banyak parameter sesedikit mungkin tetapi mempunyai yang cukup tinggi.

## 6. Indeks Pembangunan Manusia

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) diperkenalkan pertama kali oleh *United Nations Development Programme* (UNDP) pada tahun 1990. Indikator pembangunan manusia merupakan salah satu alat ukur yang dapat digunakan untuk menilai kualitas pembangunan manusia, baik dari sisi dampaknya terhadap kondisi fisik manusia (kesehatan dan kesejahteraan) maupun yang bersifat non-fisik (intelektualitas). IPM merupakan indikator strategis yang banyak digunakan untuk melihat upaya dan kinerja program pembangunan secara menyeluruh di suatu wilayah. Dalam hal ini IPM dianggap sebagai gambaran dari hasil program pembangunan yang telah dilakukan beberapa tahun sebelumnya.

IPM mencakup tiga komponen yang dianggap mendasar bagi manusia dan secara operasional mudah dihitung untuk menghasilkan suatu ukuran yang merefleksikan upaya pembangunan manusia. Ketiga komponen tersebut adalah peluang hidup (*longevity*), pengetahuan (*knowledge*) dan standar hidup layak (*living*



*standards*). Dari ketiga komponen tersebut memiliki pengertian yang sangat luas karena terkait banyak faktor. Dalam penelitian ini untuk mengukur dimensi kesehatan, digunakan indikator fasilitas kesehatan. Selanjutnya untuk mengukur dimensi pengetahuan digunakan indikator rasio sekolah murid. Adapun untuk mengukur dimensi standar hidup layak digunakan gabungan indikator kepadatan penduduk, partisipasi angkatan kerja dan PDRB per tahun.

Capaian pembangunan manusia di suatu wilayah pada waktu tertentu dapat dikelompokkan ke dalam empat kelompok. Pengelompokan ini bertujuan untuk mengorganisasikan wilayah-wilayah menjadi kelompok-kelompok yang sama dalam hal pembangunan manusia.

- a) Sangat Tinggi :  $IPM \geq 80$
- b) Tinggi :  $70 \leq IPM < 80$
- c) Sedang :  $60 \leq IPM < 70$
- d) Rendah :  $IPM < 60$

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung IPM adalah sebagai berikut (UNDP, 2004):

$$IPM = \frac{1}{3} (Y_1 + Y_2 + Y_3) \quad (2.17)$$

Keterangan:

IPM = Indeks Pembangunan Manusia,

$Y_1$  = Indeks harapan hidup,

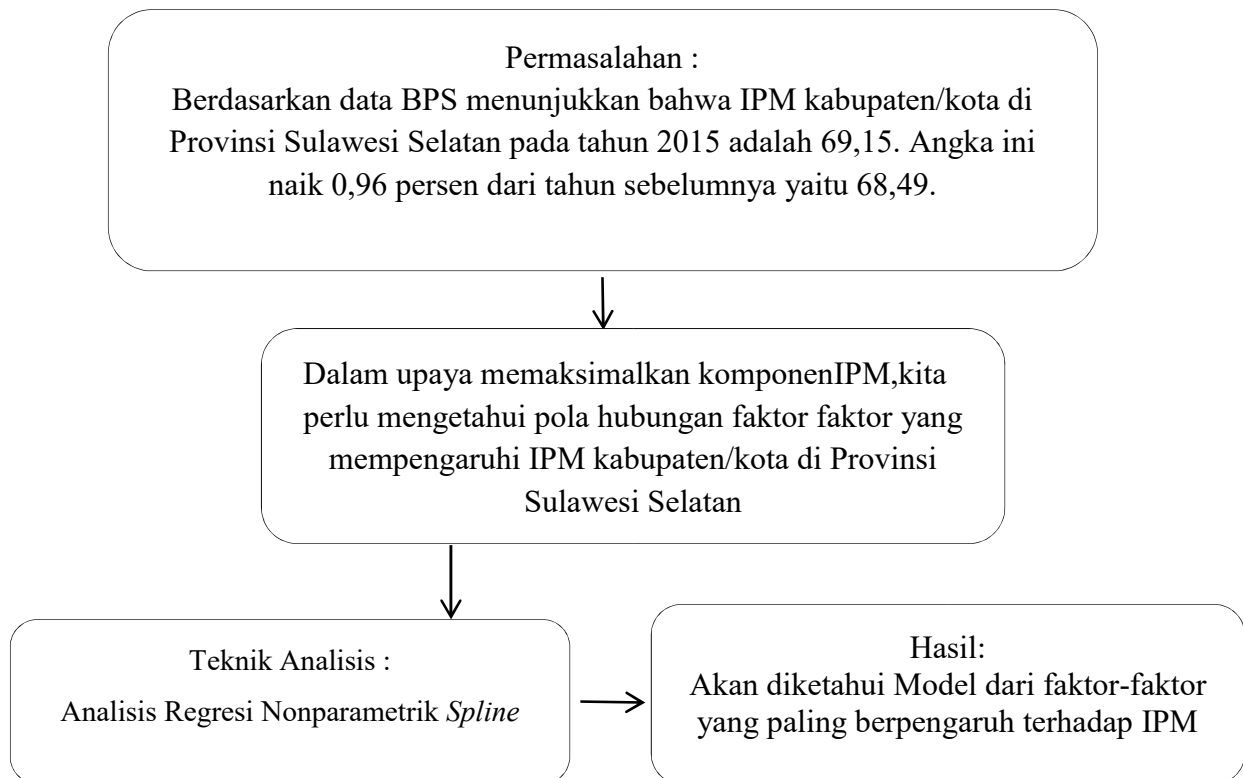
$Y_2$  = Indeks pendidikan,

$Y_3$  = Indeks standar hidup layak.

## B. Kerangka Pikir

Pada uraian sebelumnya telah dikemukakan bahwa indikator pembangunan manusia merupakan salah satu alat ukur yang dapat digunakan untuk menilai kualitas pembangunan manusia. IPM merupakan indikator strategis yang banyak digunakan untuk melihat upaya dan kinerja program pembangunan secara menyeluruh di suatu wilayah. IPM mencakup tiga komponen yang dianggap mendasar bagi manusia dan secara operasional mudah dihitung untuk menghasilkan suatu ukuran yang merefleksikan upaya pembangunan manusia.

Ketiga komponen tersebut adalah peluang hidup (*longevity*), pengetahuan (*knowledge*) dan standar hidup layak (*living standards*). Untuk mengetahui pola hubungan faktor-faktor yang mempengaruhi nilai IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan digunakan analisis regresi. Analisis regresi digunakan untuk menelaah hubungan antara peubah prediktor ( ) dengan peubah respon ( ). Regresi nonparametrik merupakan suatu metode statistika yang digunakan untuk mengetahui hubungan peubah tak bebas dan peubah bebas yang tidak diketahui bentuk fungsinya. Untuk mengatasi masalah dalam regresi nonparametrik tersebut ialah dengan menggunakan regresi *Spline*.



**Gambar 2.1** Skema Kerangka Pikir

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### A. Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang dipublikasikan oleh Badan Pusat Statistik (BPS). Adapun peubah respon yang digunakan adalah IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015. Sedangkan peubah penjelas yang diduga mempengaruhi pertumbuhan IPM yaitu tingkat partisipasi angkatan kerja (TPAK), rasio sekolah murid (RSM), kepadatan penduduk, fasilitas kesehatan, dan PDRB. Obyek dari penelitian ini adalah 24 kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan, yang terdiri dari 3 kota dan 21 kabupaten.

#### B. Definisi Operasional Peubah

Adapun definisi dari peubah yang digunakan adalah:

##### 1) Indeks Pembangunan Manusia (IPM)

IPM adalah nilai komposit dari pada pembangunan manusia yang dihitung dalam tiga komponen yaitu peluang hidup (*longevity*), pengetahuan (*knowledge*) dan standar hidup layak (*living standards*).

2) Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK)

Adalah rasio angkatan kerja dengan jumlah penduduk. Dengan kata lain yaitu besarnya jumlah penduduk yang masuk dalam pasar kerja. Badan pusat statistik mendefinisikan angkatan kerja sebagai penduduk usia kerja (berusia 15 tahun ke atas) termasuk bekerja dan mencari pekerjaan.

3) Rasio Sekolah Murid (RSM)

RSM yaitu rata-rata jumlah siswa yang dapat belajar disuatu sekolah, yaitu Sekolah Menengah Atas (SMA).

4) Kepadatan Penduduk

Kepadatan penduduk adalah rasio banyaknya penduduk persatuan luas. Kegunaannya adalah sebagai dasar kebijakan pemerataan penduduk dalam program transmigrasi.

5) Fasilitas Kesehatan

Fasilitas kesehatan dalam hal ini adalah jumlah puskesmas (*Public Health Center*), Puskesmas pembantu (*public health sub center*), puskesmas keliling (*Mobile Public Health Center*), dan Posyandu (*Maternal & Child Health center*).

6) Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)

PDRB menggambarkan kemampuan suatu wilayah untuk menciptakan nilai tambah pada suatu waktu tertentu (satu tahun). PDRB menggunakan dua pendekatan yaitu lapangan usaha dan pengeluaran.

**Tabel 3.1** Peubah-peubah Penelitian

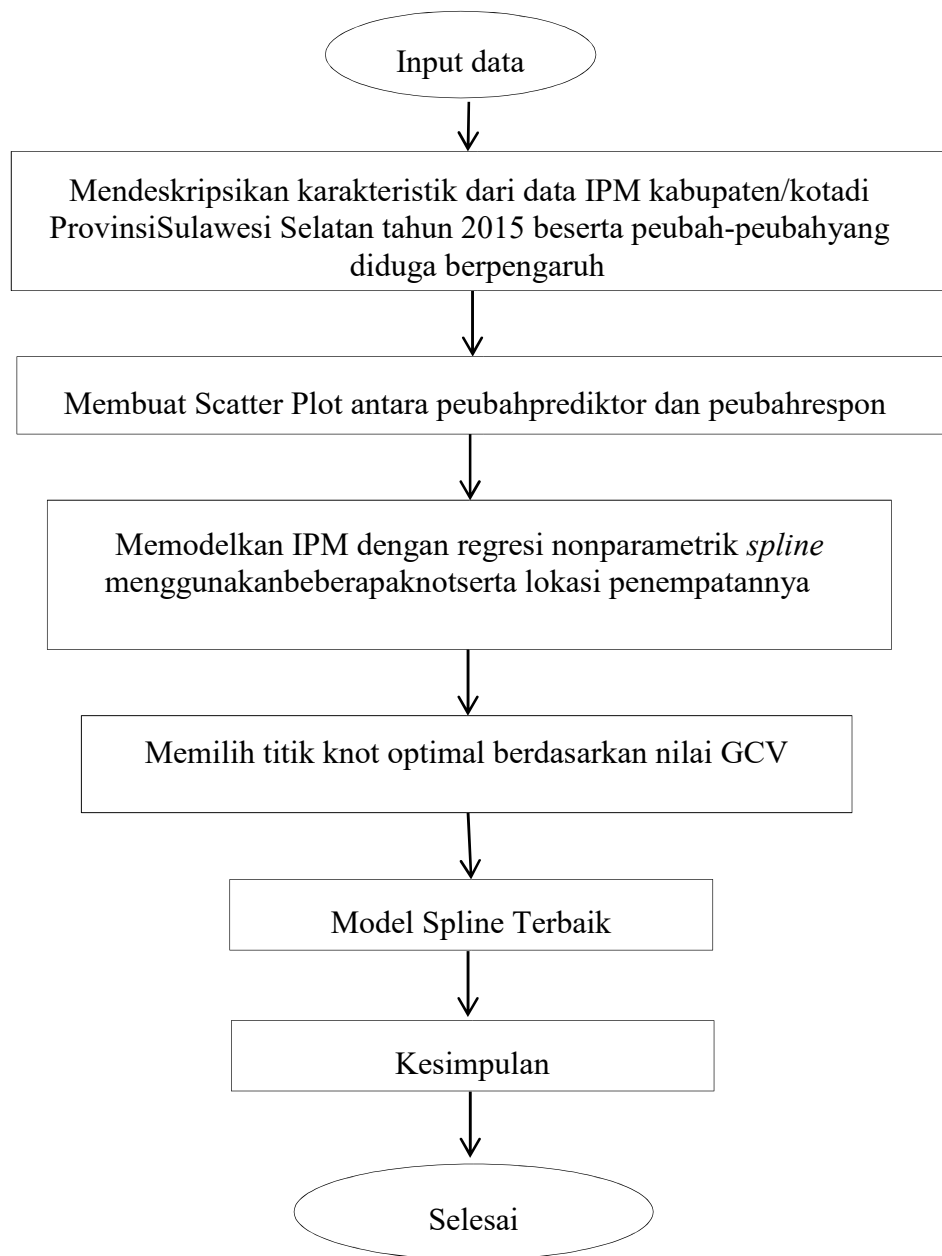
Peubah	Keterangan	Skala
Y	Indeks Pembangunan Manusia	Rasio
	Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja	Rasio
	Rasio Sekolah Murid	Rasio
	Kepadatan Penduduk	Rasio
	Fasilitas Kesehatan	Rasio
	PDRB	Rasio

### C. Teknik Analisis Data

Adapun langkah-langkah analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu :

1. Mempersiapkan data
2. Mendeskripsikan karakteristik dari data IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan beserta peubah-peubah yang diduga berpengaruh.
3. Membuat scatter plot antara IPM dengan masing-masing peubah yang diduga berpengaruh.
4. Memodelkan angka IPM menggunakan model regresi nonparametrik *spline* dengan beberapa knot.
5. Memilih titik knot optimal berdasarkan nilai GCV paling minimum.
6. Mendapatkan model regresi nonparametrik *spline* terbaik dengan titik knot optimal.
7. Melakukan pengujian parameter secara serentak dan uji secara individu
8. Melakukan pengujian asumsi residual untuk mengetahui apakah residual yang dihasilkan dari model regresi tersebut telah memenuhi asumsi yakni identik, dan berdistribusi normal.
9. Menginterpretasikan model yang diperoleh dan menarik kesimpulan.

Adapun gambar teknik analisis data untuk memodel faktor-faktor yang mempengaruhi IPM sebagai berikut:



**Gambar 3.1** Prosedur Teknik Analisis Data.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

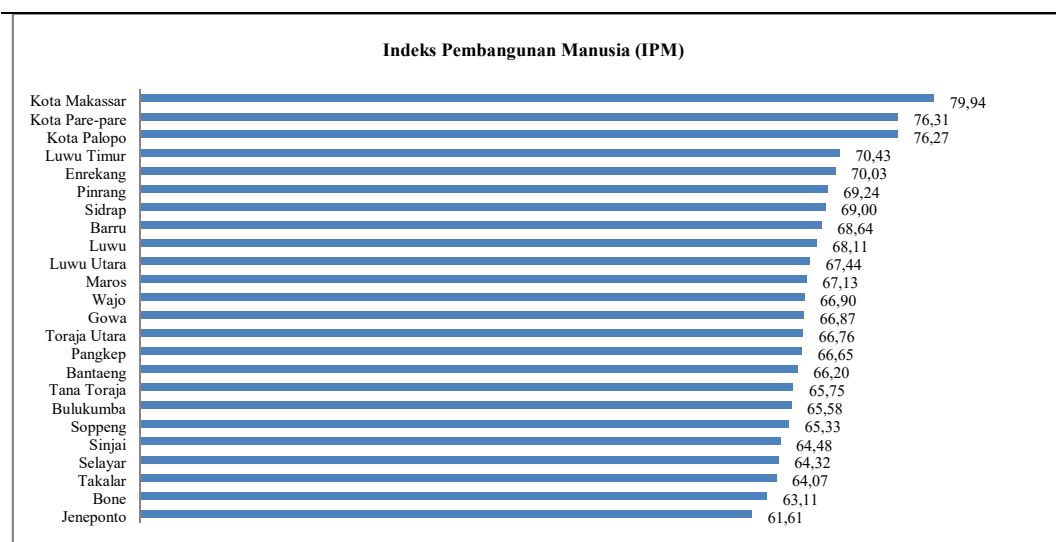
#### A. Hasil Penelitian

##### 1. Statistika Deskriptif

Terdapat beberapa faktor yang diduga mempengaruhi IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi selatan tahun 2015 diantaranya adalah TPAK, RSM, kepadatan penduduk, fasilitas kesehatan dan PDRB. Adapun karakteristik dari kelima peubah tersebut disajikan dalam tabel dan gambar sebagai berikut.

**Tabel 4.1** Statistika deskriptif peubah respon dan peubah prediktor

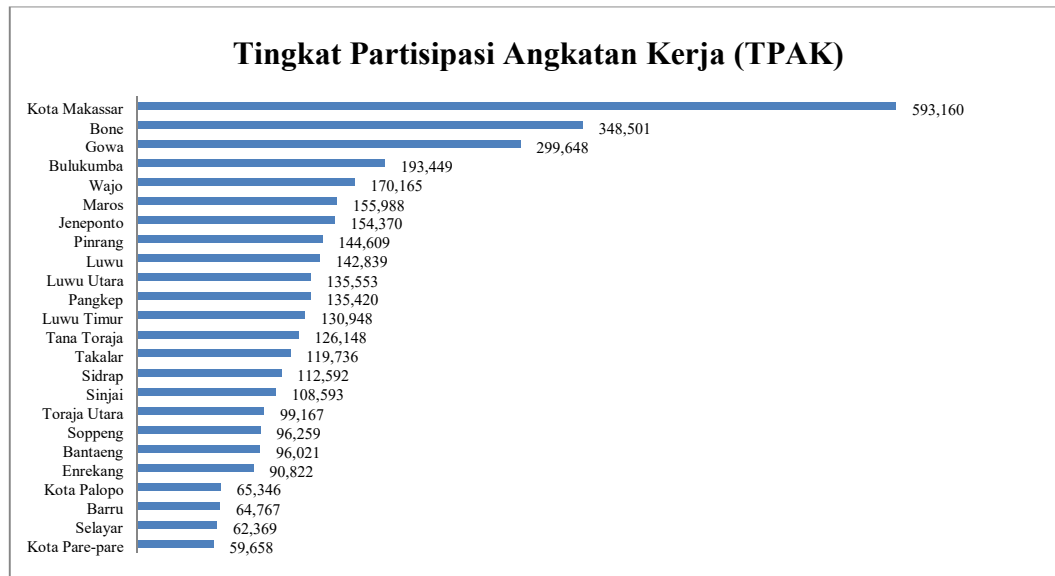
Peubah	Minimum	Maximum	Mean	Variance
Y	61,61	79,94	67,92	18,57
	59,66	593,16	154,42	13377,87
	10,98	21,59	14,41	7,92
	40,00	8246,00	622,92	2716066,76
	53,00	524,00	205,58	10082,43
	2723,81	88740,21	10489,44	292508176,90



**Gambar 4.1** IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015

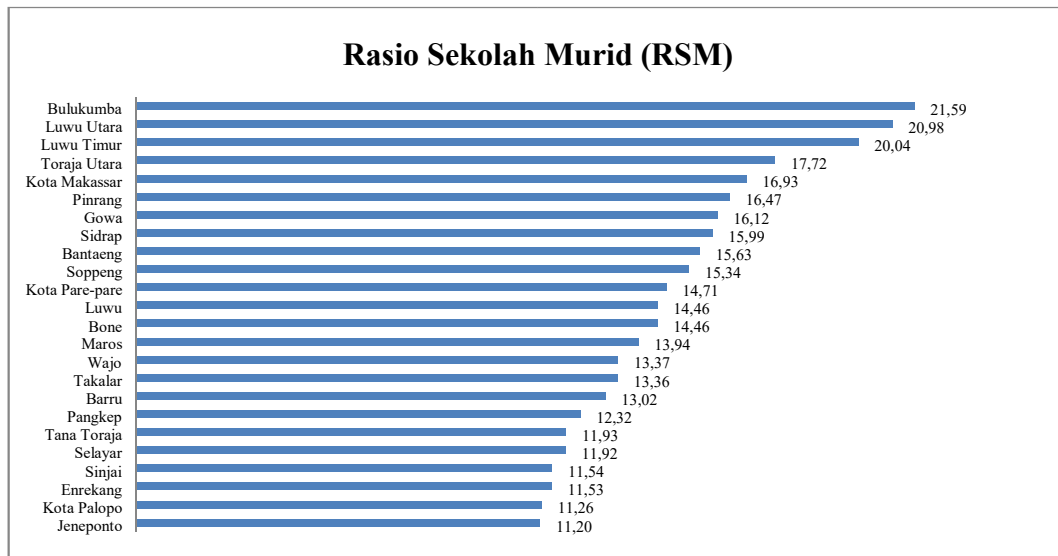


Berdasarkan Tabel 4.1 dan Gambar 4.1 peubah respon merupakan angka IPM di Kabupaten/kota seprovinsi Sulawesi Selatan dengan rata-rata IPM pada tahun 2015 sebesar 67,92 dan varians sebesar 18,57. IPM tertinggi adalah sebesar 79,94 yang dicapai oleh Kota Makassar, sedangkan IPM terendah adalah sebesar 61,61 yang dicapai oleh Kabupaten Jeneponto.



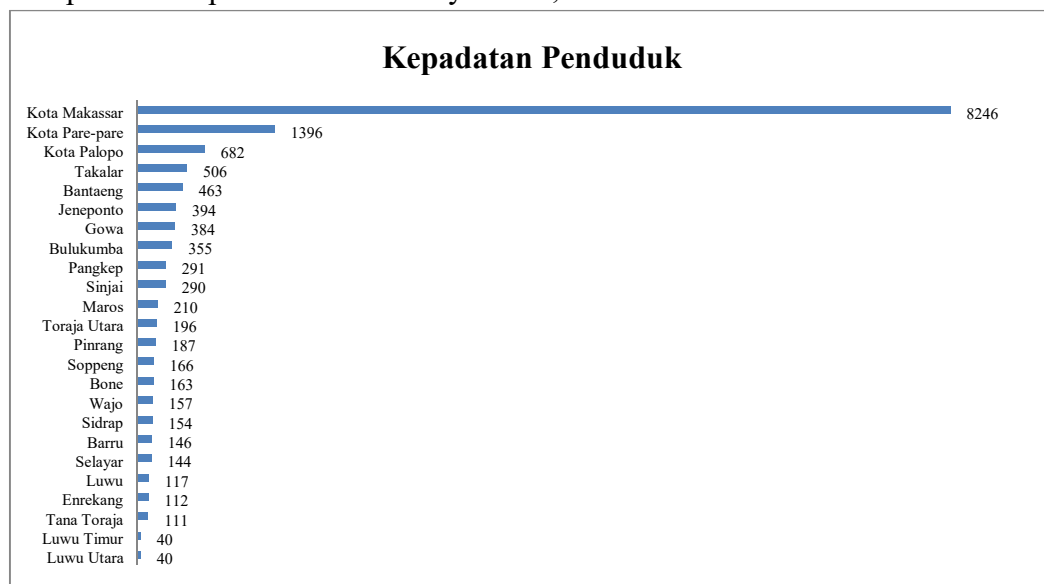
**Gambar 4.2** TPAK kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015

Peubah merupakan Peubah TPAK yang diduga mempengaruhi IPM. Pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.2 diketahui bahwa peubah TPAK memiliki rata-rata sebesar 154,42 dengan varians sebesar 13377,87, dengan persentase tertinggi terdapat di Kota Makassar yaitu sebesar 593,16. Sedangkan TPAK terendah terdapat di Kabupaten Barru sebesar 59,658.



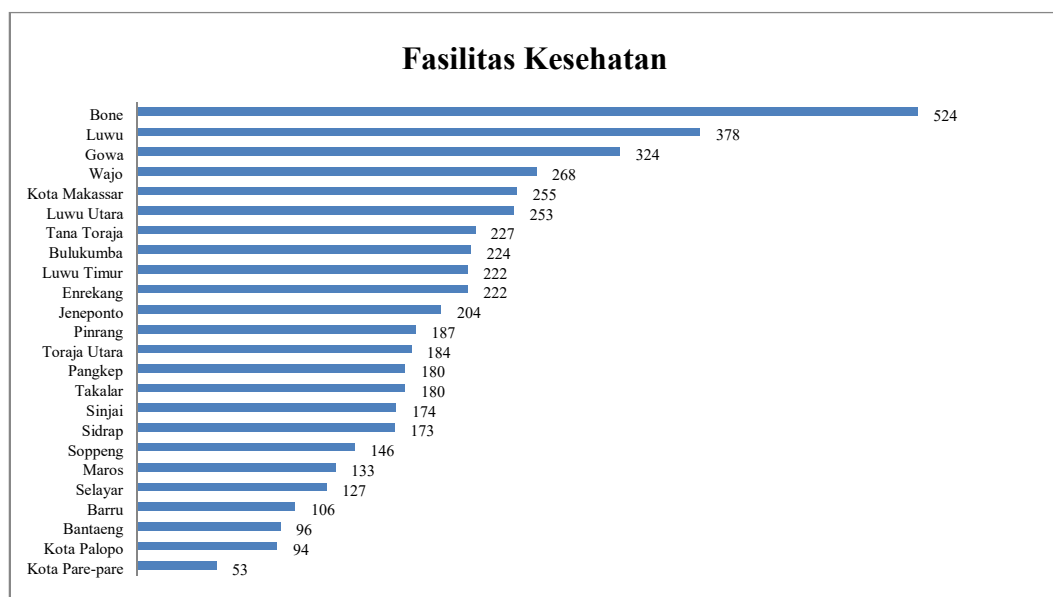
**Gambar 4.3** RSM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015

Peubah merupakan peubah RSM yang juga diduga mempengaruhi IPM. Pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.3 peubah RSM memiliki nilai rata-rata sebesar 14,41% dengan varians 7,92%. Persentase peubah RSM tertinggi terdapat di Kabupaten Bulukumba sebesar 21,59%. Sedangkan peubah RSM terendah terdapat di kabupaten Luwu Utara yaitu 10,98 %.



**Gambar 4.4** Kepadatan penduduk kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015

Peubah merupakan Kepadatan Penduduk di suatu daerah diduga mempengaruhi IPM. Pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.4 Jumlah penduduk terlalu banyak atau kepadatan penduduk yang terlalu tinggi akan menjadi penghambat pembangunan ekonomi suatu daerah, sehingga banyaknya pengangguran. Ratarata kepadatan penduduk di Provinsi Sulawesi Selatan yaitu 14,83 jiwa/km dengan varians yang cukup tinggi yaitu sebesar 2716066,76. Kabupaten yang memiliki kepadatan penduduk terendah di Sulawesi Selatan yaitu Luwu Utara dan Luwu Timur sebesar 40,00 jiwa/km . Sedangkan kepadatan penduduk tertinggi yaitu berada di Kota Makassar sebesar 8246,00 jiwa/km .

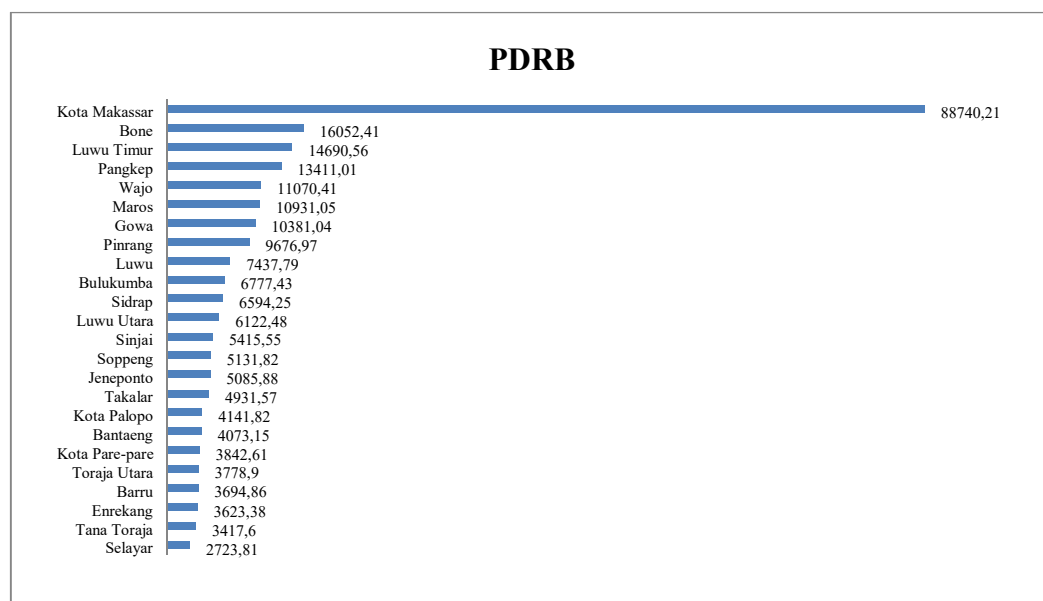


**Gambar 4.5** Fasilitas kesehatan kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015

Peubah merupakan Fasilitas Kesehatan diduga juga mempengaruhi IPM. Pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.5 peubah fasilitas kesehatan memiliki rata-rata sebesar 205,58 dengan varians sebesar 10082,43. Persentase fasilitas kesehatan yang tertinggi terdapat di Kabupaten Bone sebesar 524,00 % dan terendah berada

di Kota Pare-pare, yaitu sebesar 53,00% termasuk dalam jumlah puskesmas (*Public Health Center*), puskesmas pembantu (*public health sub center*), puskesmas keliling (*Mobile Public Health Center*), dan posyandu (*Maternal & Child Health center*).

Faktor lain yang juga diduga berpengaruh terhadap IPM yaitu peubah PDRB, pada Tabel 4.6 diketahui bahwa nilai rata-rata PDRB yaitu sebesar 10489,44 dengan variansi sebesar 292508176,90. Nilai tertinggi PDRB di sulawesi selatan sebesar 88740,21% yang terdapat di Kota Makassar, sedangkan PDRB yang terendah berada di Kabupaten Selayar sebesar 2723,81%.

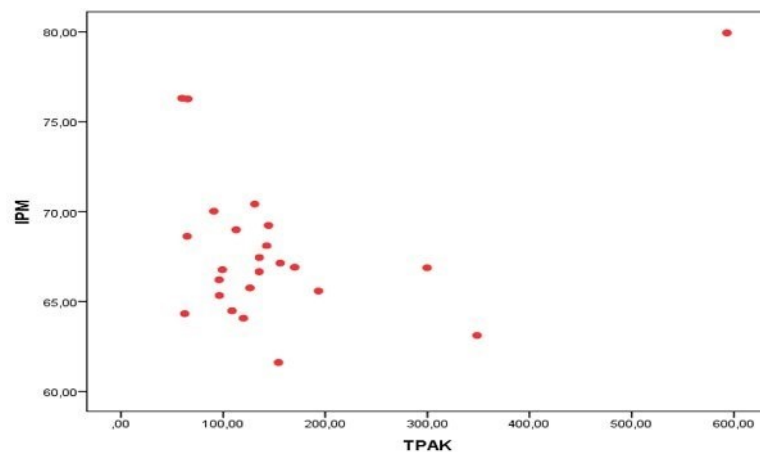


**Gambar 4.6** PDRB kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015

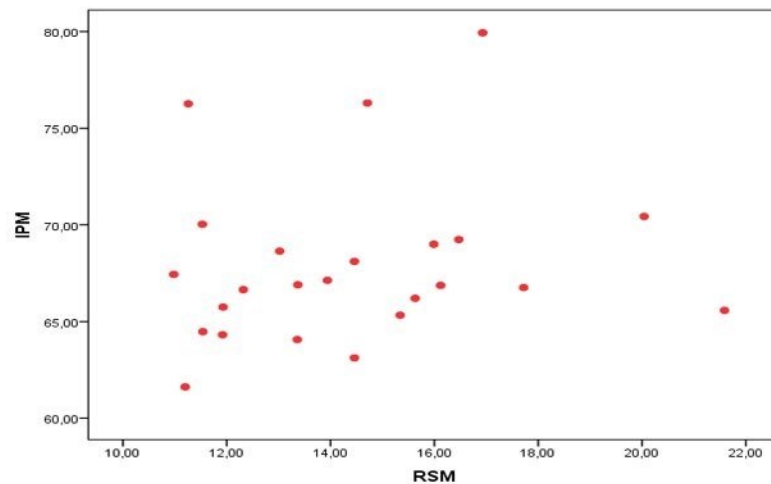
## 2. Analisis Pola Hubungan Faktor-Faktor yang Diduga Mempengaruhi IPM

### Kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan

Pada Gambar 4.7 diketahui bahwa antara peubah TPAK ( ) dengan IPM menunjukkan pola hubungan yang tidak membentuk suatu pola tertentu, sehingga estimasi model menggunakan regresi nonparametrik.

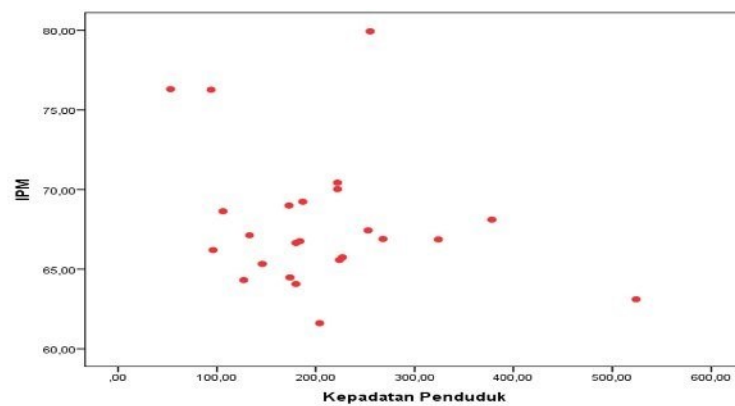


**Gambar 4.7** Pola hubungan TPAK dengan IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015



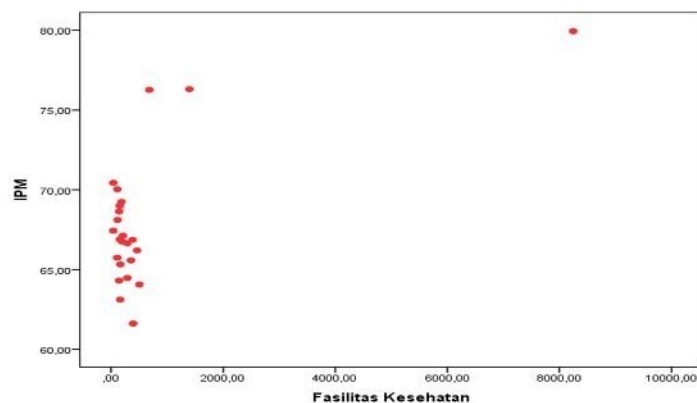
**Gambar 4.8** Pola hubungan RSM dengan IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015

Pola hubungan antara peubah RSM ( $X_2$ ) dengan IPM yang disajikan pada Gambar 4.8 menunjukkan pola hubungan yang tidak membentuk suatu pola tertentu, sehingga estimasi model yang digunakan adalah regresi nonparametrik.



**Gambar 4.9** Pola hubungan Kepadatan Penduduk dengan IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015

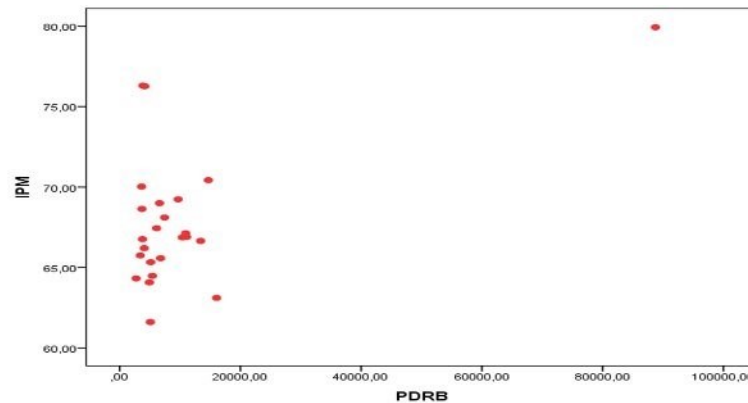
Pada Gambar 4.9 diketahui bahwa antara peubah Kepadatan Penduduk ( $X_3$ ) dengan IPM menunjukkan pola hubungan yang tidak membentuk suatu pola tertentu, sehingga estimasi model menggunakan regresi nonparametrik.



**Gambar 4.10** Pola hubungan Fasilitas Kesehatan dengan IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015

Pola hubungan antara peubah Fasilitas Kesehatan ( $X_4$ ) dengan IPM yang disajikan pada Gambar 4.10 menunjukkan pola hubungan yang tidak membentuk

suatu pola tertentu, sehingga estimasi model yang digunakan adalah regresi nonparametrik.



**Gambar 4.11** Pola hubungan PDRB dengan IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015

Berdasarkan Gambar 4.11 diketahui bahwa antara peubah PDRB ( $X_5$ ) dengan IPM mempunyai pola hubungan IPM yang tidak membentuk suatu pola tertentu, sehingga estimasi model yang digunakan adalah regresi nonparametrik.

### 3. Pemilihan Titik Knot Optimum

Titik knot merupakan titik perubahan perilaku data pada sub-sub interval tertentu. Model regresi nonparametrik *spline* terbaik didapatkan dari titik knot optimal, yaitu dengan menggunakan metode *Generalized Cross Validation* (GCV). Nilai GCV yang paling minimum merupakan titik knot yang optimal. Pemilihan titik knot optimal dengan satu titik knot, dua titik knot, dan tiga titik knot dijelaskan sebagai berikut.

**a. Pemilihan titik knot dengan satu titik knot**

Estimasi model regresi nonparametrik *spline* dengan satu titik knot pada angka IPM di Sulawesi Selatan adalah sebagai berikut.

$$= \quad + \quad + \quad ( \quad - \quad ) + \quad + \quad ( \quad - \quad ) + \quad + \quad ( \quad - \quad ) + \quad + \quad ( \quad - \quad )$$

Berdasarkan Tabel 4.2 diketahui bahwa nilai GCV minimum untuk model regresi nonparametrik *spline* dengan satu titik knot adalah 12,42 nilai tersebut diperoleh dari satu titik knot optimal pada setiap peubah prediktor. Titik knot optimal untuk peubah TPAK ( $X_1$ ) berada pada titik knot 59,66; peubah RSM ( $X_2$ ) berada pada titik knot 10,98; peubah Kepadatan Penduduk ( $X_3$ ) berada pada titik knot 40,00; peubah Fasilitas Kesehatan ( $X_4$ ) berada pada titik knot 53,00; dan peubah PDRB ( $X_5$ ) berada pada titik knot 2723,81.

**Tabel 4.2** Nilai GCV satu titik knot

70,54	11,19	207,47	62,61	4479,25
92,32	11,63	542,41	81,84	7990,12
114,09	12,06	877,35	101,06	11500,99
135,87	12,49	1212,29	120,29	15011,87
157,65	12,93	1547,22	139,51	18522,74

Adapun model regresi nonparametrik *spline* dengan satu titik knot yaitu:

$$= 3,07 + 9,91 \quad + \quad 6,79( \quad - 59,66) + 6,84 \quad - \quad 7,27( \quad - 10,98) -$$



$$9,95 + 1,023(-40,00) + 3,21 + 5,46(-53,00) - \\ 5,50 + 8,59(-2723,81)$$

**b. Pemilihan titik knot dengan dua titik knot**

$$= + + (-) + (-) + \\ + (-) + (-) + \\ + (-) + (-) + \\ + (-) + (-) + \\ + (-) + (-) + \\ + (-)$$

**Tabel 4.3** Nilai GCV dua titik knot

					GCV
59,65	10,98	40,00	53,00	2723,81	15,70
70,55	11,19	207,47	62,61	4479,25	
59,66	10,98	40,00	53,00	2723,81	13,23
81,43	11,41	374,94	72,22	6234,68	
59,66	10,98	40,00	53,00	2723,81	12,10
92,32	11,63	542,41	81,84	7990,12	
59,66	10,98	40,00	53,00	2723,81	10,97
103,21	11,85	709,88	91,45	9745,56	
59,66	10,98	40,00	53,00	2723,81	11,10
114,09	12,06	877,35	101,06	11500,99	

59,66	10,98	40,00	53,00	2723,81	
					11,50
124,98	12,28	1044,82	110,67	13256,43	
59,66	10,98	40,00	53,00	2723,81	13,08
135,87	12,49	1212,26	120,29	15011,87	
59,66	10,98		40,00	53,00	2723,81
					11,76
	12,71		1379,76	129,89	16767,304
92,32		11,63		81,84	7990,120
		12,06			
					6,45

Tabel 4.3 menunjukkan sepuluh nilai GCV yang berada disekitar nilai GCV paling minimum untuk model regresi nonparametrik *spline* dengan dua titik knot adalah sebesar 6,91. nilai tersebut diperoleh dari dua titik knot optimal pada setiap peubah prediktor. Titik knot optimal untuk peubah TPAK kerja ( $X_1$ ) berada pada titik knot 92,32 dan 114,09; peubah RSM ( $X_2$ ) berada pada titik knot 11,63 dan 12,06; peubah <sup>2</sup> Kepadatan Penduduk ( $X_3$ ) berada pada titik knot 542,41 dan 877,35; peubah Fasilitas Kesehatan ( $X_4$ ) berada pada titik knot 81,84 dan 101,06; dan peubah PDRB ( $X_5$ ) berada pada titik knot 7990,12 dan 11500,99.

Adapun model regresi nonparametrik *spline* dengan dua titik knot yaitu:

$$\begin{aligned}
 = & 3,07 + 9,91 + 6,79(-92,32) + 6,84(-114,09) - 7,23 - \\
 & 9,95(-11,63) + 1,0(-12,06) + \dots \\
 & (-542,41) + 5,46 + 5,50(-877,35) + 5,59 \\
 & (-81,84) - 1,12 + \dots - 2,27 \\
 & ( \dots )
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r}
 -101,06) \quad + \quad + \quad - \quad 7990,12) \\
 ( \quad 2,03 \quad 0,00( \quad -4,05 \\
 ( \quad -11500,99)
 \end{array}$$

**c. Pemilihan titik knot dengan tiga titik knot**

$$\begin{aligned}
 = & + + ( - ) + ( - ) + ( - ) + \\
 & + ( - ) + ( - ) + ( - ) + \\
 & + ( - ) + ( - ) + ( - ) + + \\
 & ( - ) + ( - ) + ( - ) + \\
 & + ( - ) + ( - ) + ( - )
 \end{aligned}$$

70,55	11,19	207,47	62,61	4479,25	
81,43	11,41	374,94	72,22	6234,68	18,52
103,21	11,85	709,88	91,45	9745,56	
				4479,25	
				6234,68	
70,55	11,19	207,47	62,61	4479,25	
81,43	11,41	374,94	72,22	6234,69	15,01
124,98	12,28	1044,82	110,67	13256,43	
				4479,25	
				6234,68	
				4479,25	
				6234,68	
146,76	12,71	1379,76	129,89	16767,31	56,81
:	:	:	:	:	
92,32					
103,21					
538,72		7408,66	475,94	79963,03	
					23,38

5,33

Pada Tabel 4.4 diketahui bahwa nilai GCV minimum untuk model regresi nonparametrik *spline* dengan tiga titik knot adalah sebesar 5,33. Nilai tersebut diperoleh dari tiga titik knot optimal pada setiap peubah prediktor. Titik knot optimal untuk peubah TPAK ( ) berada pada titik knot 92,32; 103,21; dan 538,72. RSM ( ) berada pada titik knot 11,63; 11,84612; dan 21,37. peubah Kepadatan Penduduk ( ) berada pada titik knot 542,41; 709,88; dan 8078,53. peubah Fasilitas Kesehatan ( ) berada pada titik knot 81,84; 91,45; dan 475,94. dan peubah PDRB ( ) berada pada titik knot 7990,12; 9745,56; dan 79963,03.

Adapun model regresi nonparametrik *spline* dengan tiga titik knot yaitu:

$$\begin{aligned}
 = & 3,06 + 9,91 + 6,79(-92,32) + 6,84(-103,21) - 7,23(- \\
 & 538,72) - 9,95 + 1,02(-11,63) + 3,21 \\
 & (-11,85) + 5,46 \quad (-21,37) + 5,50 \\
 & + 8,59 \\
 & (-542,41) - 1,12(-709,88) + 1,58(-7408,65) \\
 & -2,27 + 2,03(-81,84) + 0,00(-91,45) - 4,05 \\
 & (-514,39) - 4,13 - 1,95 (- \\
 & 7990,12) - 2,13 \\
 & (-9745,56) - 4,20(-79963,03)
 \end{aligned}$$

#### d. Pemilihan titik knot terbaik

Titik knot terbaik merupakan titik knot yang mempunyai nilai GCV minimum. Berikut perbandingan nilai GCV minimum diperoleh pada satu titik knot, dua titik knot, tiga titik knot yang ditunjukkan pada Tabel 4.5. pada tabel tersebut diketahui bahwa nilai GCV paling minimum adalah regresi

nonparametrik *spline* menggunakan tiga titik knot yaitu sebesar 6,04.

**Tabel 4.5** Perbandingan nilai GCV

Model	GCV
1 Titik knot	<b>30,91</b>
2 Titik Knot	<b>6,45</b>
3 Titik Knot	<b>5,33</b>

Berdasarkan Kriteria pemilihan model terbaik diketahui bahwa nilai GCV paling minimum dihasilkan oleh model regresi nonparametrik *spline* dengan tiga titik knot. Berikut merupakan model regresi Nonparametrik *Spline* terbaik untuk dilakukan estimasi peubah menggunakan *Maximum Likelihood Estimasi (MLE)*.

$$\begin{aligned}
 = & 3,06 + 9,91 + 6,79(-92,32) + 6,84(-103,21) - 7,23(- \\
 & 538,72) - 9,95 + 1,02(-11,63) + 3,21 \\
 & (-11,85) + 5,46 \quad (-21,37) + 5,50 \\
 & + 8,59 \\
 & (-542,41) - 1,12(-709,88) + 1,58(-7408,65) \\
 & -2,27 + 2,03(-81,84) + 0,00(-91,45) - 4,05 \\
 & (-514,39) - 4,13 - 1,95 (- \\
 & 7990,12) - 2,13 \\
 & (-9745,56) - 4,20(-79963,03)
 \end{aligned}$$

#### 4. Pengujian Signifikansi Peubah Model Regresi Nonparametrik *Spline*

Setelah didapatkan model regresi nonparametrik *spline* terbaik, kemudian dilakukan pengujian signifikansi peubah regresi nonparametrik *spline*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang signifikan mempengaruhi IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2015. Pengujian dilakukan

secara serentak dan individu. Apabila hasil pengujian serentak menunjukkan terdapat minimal satu peubah yang signifikan, maka dilanjutkan pada pengujian secara individu.

#### a. Pengujian serentak

Tujuan pengujian secara serentak adalah mengetahui signifikansi peubah dalam model secara keseluruhan. Pengujian hipotesis untuk menguji signifikansi peubah secara serentak menggunakan hipotesis sebagai berikut:

$$\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

di mana  $\beta_h$  : paling sedikit terdapat  $\beta_h \neq 0$ ;  $h = 1, 2, \dots, k$

Berikut merupakan analisis ragam uji serentak dari model regresi

nonparametrik *spline* yang disajikan pada Table 4.6

**Tabel 4.6** Analisis Ragam Uji Serentak

Sumber Variasi	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Rataan jumlah Kuadrat (RJK)	F <sub>hitung</sub>	p-value
Regression	20	1747,93	87,39	0,17	0,99
Residual	3	1525,16	508,37		
Total	23	3273,05			

Berdasarkan Tabel 4.6 diperoleh nilai statistik uji F sebesar 0,17 dengan *p-value* sebesar 0,99 pada tingkat signifikan ( $\alpha$ ) 5%. Nilai *p-value* lebih besar dari sehingga gagal tolak  $H_0$ . Hal ini menunjukkan bahwa semua peubah prediktor tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai IPM.

### b. Pengujian parsial/individu

Hasil pengujian secara serentak menunjukkan bahwa minimal terdapat satu peubah dari model regresi nonparametrik *spline* yang signifikan. Pengujian hipotesis untuk menguji signifikansi peubah secara parsial menggunakan hipotesis sebagai berikut:

$$: \quad = 0$$

$$: \quad = 1, 2, \dots, 20$$

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat diketahui bahwa 7 dari 21 parameter adalah signifikan dengan kriteria penolakan berdasarkan persamaan 2.14. Meski terdapat persamaan yang tak signifikan, lima peubah yang digunakan dianggap signifikan karena minimal dalam satu peubah terdapat satu parameter yang signifikan.

Sehingga peubah  $X_1, X_2, X_3, X_4$ , dan  $X_5$  memberikan pengaruh yang signifikan terhadap IPM di Provinsi Sulawesi Selatan.

**Tabel 4.7** Hasil Pengujian Estimasi Peubah Secara Parsial

Peubah		Estimasi	T_hitung	p-value	Ket
		3,06	1,94	0,86	Tidak signifikan
$X_1$		9,91	2,12	0,12	Tidak signifikan
		6,79	5,54	0,01	Signifikan
		6,84	2,63	0,079	Tidak signifikan
		-7,23	-7,53	0,51	Tidak signifikan
$X_2$		-9,95	-1,33	0,28	Tidak signifikan
		1,02	1,19	0,32	Tidak signifikan
		3,21	5,04	1	Tidak signifikan



		5,46	1,41	0,00	Signifikan
X <sub>3</sub>		5,50	3,34	0,04	Signifikan
		8,59	4,99	0,02	Signifikan
		-1,12	-1,39	0,26	Tidak signifikan
		1,58	4,80	0,66	Tidak signifikan
X <sub>4</sub>		-2,27	-1,69	0,88	Tidak signifikan
		2,03	1,95	0,15	Tidak signifikan
		0,00	0,00	1	Tidak signifikan
		-4,05	-3,97	0,04	Signifikan
X <sub>5</sub>		-4,14	-4,19	0,02	Signifikan
		-1,95	-3,38	0,04	Signifikan
		-2,13	-7,44	0,99	Tidak signifikan
		-4,21	-4,23	0,97	Tidak signifikan

Berdasarkan hasil analisis diatas adanya perbedaan dari hasil yang diberikan oleh uji parsial dengan uji Serentak biasanya disebabkan karena terjadinya kesalahan konfigurasi model sehingga meski secara individual, semua peubah bebas berpengaruh signifikan, namun secara simultan justru tidak menggambarkan peubah terikat dalam model, misalnya terdapat peubah bebas lain yang menjadi faktor kunci dari model, namun tidak terdapat dalam model.

## 5. Pengujian Asumsi Residual

Asumsi yang harus dipenuhi dalam pemodelan regresi nonparametrik *spline* adalah residual berdistribusi normal dan identik. Oleh karena itu dilakukan pengujian terhadap dua asumsi tersebut.

### a. Pengujian normalitas residual

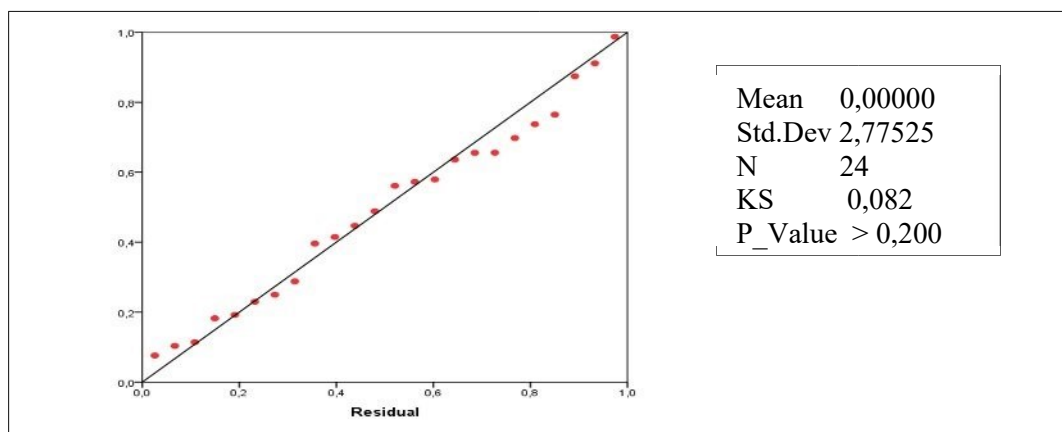
Uji normalitas digunakan untuk mengetahui apakah residual telah mengikuti pola distribusi normal. Pengujian normalitas yang digunakan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*.

Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

: residual berdistribusi normal

: residual tidak berdistribusi normal

Hasil uji *Kolmogorov-Smirnov* disajikan dalam bentuk plot seperti terlihat pada Gambar 4.7.



**Gambar 4.12** Uji Normalitas Residual *Kolmogorov-Smirnov*

Berdasarkan Gambar 4.12 diatas diperoleh nilai P\_Value > 0,200 yang memiliki nilai lebih besar dari = 5% sehingga diperoleh keputusan gagal tolak  $H_0$  yang artinya bahwa residual mengikuti distribusi normal atau asumsi residual normal telah terpenuhi.

## b. Pengujian heteroskedastisitas

Pengujian asumsi identik digunakan untuk mengetahui apakah varians residual telah homogen atau terjadi kasus heteroskedastisitas. Uji asumsi identik dilakukan menggunakan Uji *Glejser*.

Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$: \sigma^2 = \sigma^2 = \dots = \sigma^2$$

$$: \text{minimal ada satu } \sigma^2 \neq \sigma^2 ; \quad = 1, 2, \dots, 20$$

Adapun hasil uji asumsi identik dilakukan menggunakan Uji *Glejser* ditampilkan pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8** Analisis Ragam Uji Glejser

Sumber Variasi	(db)	(JK)	(RJK)		-
Regression	20	419,43	20,97	0,61	0,79
Residual	3	102,96	34,32		
Total	23	552,39			

Berdasarkan Tabel 4.6 di dapatkan nilai uji Glejser sebesar 0,61 dengan *p-value* sebesar 0,79. Nilai *p-value* lebih besar dari yang ditetapkan yaitu 0,05 sehingga keputusan yang diambil adalah gagal tolak . Hal ini memberikan kesimpulan bahwa tidak terjadi kasus heteroskedastisitas atau asumsi residual identik telah terpenuhi.

## 6. Koefisien Determinasi

Nilai koefisien Determinasi ( ) menunjukkan seberapa besar kebaikan model regresi dalam menjelaskan variabilitas angka IPM di Provinsi Sulawesi Selatan.

$$= \frac{\text{JK Regresi}}{\text{JK Total}} \times 100\%$$

$$= \frac{80,29}{100} \times 100\%$$

$$= 80,29\%$$

Berdasarkan perhitungan didapatkan sebesar 80,29 %. Hal ini berarti model regresi nonparametrik *spline* yang didapatkan mampu menjelaskan variabilitas angka IPM di Provinsi Sulawesi Selatan sebesar 80,29 %. Nilai tersebut mendekati 100%, sehingga model sudah cukup baik.

## **B. Pembahasan**

### **1. Karakteristik Penelitian**

Pembangunan manusia didefinisikan sebagai proses perluasan pilihan bagi penduduk. IPM merupakan indikator penting untuk mengukur keberhasilan dalam upaya membangun kualitas hidup manusia (masyarakat/penduduk). IPM menjelaskan bagaimana penduduk dapat mengakses hasil pembangunan dalam memperoleh pendapatan, kesehatan, pendidikan, dan sebagainya. IPM diperkenalkan oleh UNDP pada tahun 1990 dan metode penghitungan direvisi pada tahun 2010.

Menurut UNDP, IPM mengukur pencapaian hasil pembangunan dari suatu daerah/wilayah dalam tiga dimensi dasar yaitu peluang hidup (*longevity*), pengetahuan (*knowledge*) dan standar hidup layak (*living standards*). Setiap tahunnya nilai IPM Sulawesi Selatan mengalami peningkatan. Pada tahun 2015

nilai IPM di Sulawesi Selatan tercatat 69,15 meningkat dibanding tahun sebelumnya yaitu sebesar 68,49.

Berdasarkan kategori IPM dari 24 kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan, terdapat 19 Kabupaten yang masih berada di bawah kategori sedang yaitu Kabupaten Selayar, Bulukumba, Bantaeng, Jeneponto, Takalar, Gowa, Sinjai, Maros, Pangkep, Barru, Bone, Soppeng, Wajo, Sidrap, Pinrang, Luwu, Tana Toraja, Luwu Utara, dan Toraja Utara. Sedangkan untuk kategori IPM Tinggi terdapat 5 yang terdiri dari 3 Kabupaten dan 2 Kota yaitu Kabupaten Enrekang, Luwu Timur, Palopo, Kota Pare-pare dan Kota Makassar. Berdasarkan kategori IPM yang dikeluarkan oleh PBB, diketahui bahwa di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015 nilai IPM yang terendah yaitu di Kabupaten Jeneponto sebesar 61,81 sedangkan nilai IPM tertinggi di Sulawesi Selatan berada pada Kota Makassar sebesar 79,94. Walaupun sebagian besar kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan sudah berada dalam kategori tinggi, namun belum ada yang mampu menembus kategori sangat tinggi. Pemerintah Indonesia menargetkan nilai IPM untuk setiap provinsi yang ada di Indonesia berada pada kategori tinggi.

Berdasarkan hal tersebut maka nilai IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan perlu ditingkatkan.

Berdasarkan analisis dari gambar *Scatter plot* di atas menunjukkan bahwa dari lima peubah yaitu TPAK, RSM, kepadatan penduduk, fasilitas kesehatan, dan PDRB terhadap IPM memiliki pola hubungan yang tidak membentuk suatu pola tertentu, sehingga estimasi model yang digunakan adalah regresi nonparametrik.

## **2. Interpretasi Model dari Indeks Pembangunan Manusia menggunakan**

### Regresi Nonparametrik *Spline*

Setelah dilakukan pengujian model regresi nonparametrik *Spline* dan semua asumsi residual terpenuhi, maka model regresi yang telah diperoleh tersebut dapat diinterpretasikan. Berdasarkan sub bab 4.6 diketahui bahwa nilai koefisien determinasi atau dari model regresi nonparametrik *spline* yaitu 80,29% dengan lima peubah yang signifikan yaitu TPAK, RSM, kepadatan penduduk, fasilitas kesehatan dan PDRB. Dengan nilai sebesar 80,29% dapat dikatakan bahwa model regresi nonparametrik *Spline* yang dihasilkan merupakan model yang baik dan layak digunakan untuk pemodelan.

Model regresi nonparametrik *Spline* yang terbentuk menggunakan titik knot optimal yakni tiga titik knot ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 = & 3,06 + 9,91 + 6,79(-92,32) + 6,84(-103,21) - 7,23(- \\
 & 538,72) - 9,95 + 1,02(-11,63) + 3,21 \\
 & (-11,85) + 5,46 \quad (-21,37) + 5,50 \\
 & + 8,59 \\
 & (-542,41) - 1,12(-709,88) + 1,58(-7408,65) \\
 & -2,27 + 2,03(-81,84) + 0,00(-91,45) - 4,05 \\
 & (-514,39) - 4,13 - 1,95 (- \\
 & 7990,12) - 2,13 \\
 & (-9745,56) - 4,20(-79963,03)
 \end{aligned}$$

Interpretasi model untuk peubah-peubah yang signifikan dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap IPM. Adapun lima peubah yang signifikan yaitu TPAK, RSM, kepadatan penduduk, fasilitas kesehatan dan PDRB.

Berdasarkan model tersebut, maka dapat diinterpretasikan masing-masing peubah yang berpengaruh adalah sebagai berikut:

- a. Apabila  $x_2$ ,  $x_3$ , dan  $x_4$  dianggap konstan, maka pengaruh TPAK ( $x_1$ ) terhadap IPM adalah :

$$\begin{aligned}
 &= 3,06 + 9,91x_1 + 6,79(x_2 - 92,32) + 6,84(x_3 - 103,21) - \\
 &\quad 7,23(x_4 - 538,72) - C \\
 &\square 0,36 + 9,91x_1 \quad ; \quad x_1 \square 92,32 \\
 &\square \\
 &\square -626,49 + 16,7x_1 \quad ; \quad 92,32 \square x_1 \square 103,21 \\
 &\square\square \\
 &\square -1332,45 \square 23,54x_1 \quad ; \quad 103,21 \square x_1 \square 538,72 \\
 &\square\square 3894,95 + 16,31x_1 \quad ; \quad x_1 \square 538,72
 \end{aligned}$$

Berdasarkan model tersebut, apabila wilayah dengan TPAK kurang dari 92,32 naik sebesar satu %, maka nilai IPM cenderung naik sebesar 9,91 %.

Wilayah yang termasuk dalam kategori ini yaitu Kabupaten Selayar, Barru, Enrekang, Kota Pare-pare dan Palopo. Apabila wilayah dengan tingkat TPAK berkisar antara 92,32 hingga 103,21 naik sebesar satu %, maka IPM naik sebesar 16,7 %, wilayah yang termasuk dalam kategori ini yaitu Kabupaten Bantaeng, Soppeng, Enrekang, dan Toraja Utara

Apabila TPAK berkisar antara 103,21 hingga 538,72 naik sebesar satu %, maka IPM cenderung naik sebesar 23,54 %.

Wilayah yang termasuk dalam kategori ini Kabupaten Bulukumba, Jeneponto, Takalar, Gowa, Sinjai, Maros, Pangkep, Bone, Wajo, Sidrap, Pinrang, Luwu, besar dari 538,72 naik sebesar satu %, IPM cenderung naik Tana sebesar Toraja,

Luwu Utara, Luwu Timur dan Toraja Timur. Apabila TPAK lebih 16,31 %.

Wilayah yang termasuk kategori ini yaitu Kota Makassar.

- b. Apabila  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ , dan  $\beta_3$ , dianggap konstan, maka pengaruh RSM ( $\beta_4$ ) terhadap IPM adalah:

$$+ \beta_4 = 3,06 + 9,95 \beta_4 + 1,02(-11,63) + 3,21(-11,85) \\ + 5,46(-21,37) + C$$

naik sebesar satu %, maka IPM

11,63

$$\begin{aligned} & \beta_4 = 3,06 + 9,95x_2 \quad ; \quad x_2 \leq 11,63 \\ & \beta_4 = -8,80 + 10,97x_2 \quad ; \quad 11,63 \leq x_2 \leq 11,85 \\ & \beta_4 = -47,194 + 14,18x_2 \quad ; \quad 11,85 \leq x_2 \leq 21,37 \\ & \beta_4 = -163,87 + 19,64x_2 \quad ; \quad x_2 \geq 21,37 \end{aligned}$$

Ketika angka RSM kurang dari cenderung naik sebesar 9,95 %. Wilayah yang nilai yang masuk dalam kategori ini yaitu Kabupaten Jeneponto, Sinjai, Enrekang, Luwu Utara, dan Kota Palopo.

Apabila RSM berkisar antara 11,63 hingga 11,85 naik sebesar satu %, maka IPM cenderung naik sebesar 10,97 %, tidak ada wilayah yang nilai RSM masuk dalam kategori ini. Apabila RSM berkisar 11,85 hingga 21,37



naik sebesar satu %, maka IPM cenderung naik sebesar 14,18 %. Wilayah yang masuk dalam kategori ini yaitu Kabupaten Selayar, Bantaeng, Takalar, Gowa, Sinjai, Maros,

Pangkep, Barru, Bone, Soppeng, Wajo, Sidrap, Pinrang, Enrekang, Luwu, Tana Toraja, Luwu Timur, Kota Makassar, dan Pare-pare. Apabila RSM lebih besar dari 21,37 naik sebesar satu %, maka IPM cenderung naik sebesar 19,64 %. Wilayah yang nilai RSM masuk dalam kategori ini yaitu Kabupaten Bulukumba.

c. Apabila  $x_1$ ,  $x_2$ , dan  $x_3$  dianggap konstan, maka pengaruh Kepadatan

Penduduk ( $x_1$ ) terhadap indeks pembangunan manusia adalah:

$$= 3,06 + 5,50 x_1 + 8,59(x_2 - 542,41) - 1,12(x_3 - 709,88) + 1,58(x_4 - 7408,65) - C$$

$$\square 3,06 + 5,50 x_1 ; \quad x_1 \square 542,41$$

$\square$

$$\square\square 4656,24 \square 14,09 x_2 ; \quad 542,41 \square x_2 \square 709,88$$

$\square\square$

$$\square - 3861,17 \square 12,97 x_3 ; \quad 709,88 \square x_3 \square 7408,65$$

$$\square\square -15566,88 \square 14,55 x_4 ; \quad x_4 \square 7408,65$$

Ketika angka kepadatan penduduk kurang dari 542,41 naik sebesar satu %, maka IPM cenderung naik sebesar 5,50 %. Wilayah yang masuk dalam kategori ini yaitu Selayar, Bulukumba, Bantaeng, Jeneponto, Takalar, Gowa, Sinjai, Maros, Pangkep, Barru, Bone, Soppeng, Wajo, Sidrap, Pinrang, Enrekang, Luwu, Tana Toraja, Luwu Utara, dan Luwu Timur. Apabila kepadatan penduduk berkisar antara 542,41 hingga 709,88 naik sebesar satu %, maka IPM cenderung naik sebesar 14,09 %. Wilayah yang termasuk dalam kategori ini yaitu Kota Palopo.

Apabila kepadatan penduduk berkisar 709,88 hingga 7408,65 naik sebesar satu %, maka IPM cenderung naik sebesar 12,97 %. Wilayah yang termasuk dalam kategori ini yaitu Kota Pare-pare. Apabila kepadatan penduduk lebih besar dari

7408,65 naik sebesar satu %, maka IPM cenderung naik sebesar 14,55 %. Wilayah yang termasuk dalam kategori ini yaitu Kota Makassar.

d. Apabila  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ , dianggap konstan, maka pengaruh Fasilitas Kesehatan ( $x_4$ ) terhadap IPM adalah:

$$= 3,06 - 2,27x_4 + 2,03(-81,84) + 0,00(-91,45) - 4,05(-514,39) - C$$

$$\square 3,06 - 2,27x_4 ; x_4 \square 81,84$$

$$\square$$

$$\square -163,08 \square 0,24x_4 ; 81,84 \square x_4 \square 91,45$$

$$\square \square$$

$$\square 0 \square 0,24x_4 ; 91,45 \square x_4 \square 514,39$$

$$\square \square 2083,28 \square 4,29x_4 ; x_4 \square 514,39$$

Ketika nilai fasilitas kesehatan kurang dari 81,84 naik sebesar satu %,

maka IPM cenderung turun sebesar 2,27 %. Wilayah yang masuk dalam kategori ini yaitu Kota Pare-pare. Apabila fasilitas kesehatan berkisar antara 81,84 hingga 91,45 naik sebesar satu %, maka IPM cenderung turun sebesar 0,24 %, tidak ada wilayah yang nilai fasilitas kesehatannya masuk dalam kategori ini. Apabila fasilitas kesehatan berkisar 91,45 hingga 514,39 naik sebesar satu %, maka IPM cenderung turun sebesar 0,24 %. Wilayah yang masuk dalam kategori ini yaitu Selayar, Bulukumba, Bantaeng, Jeneponto,

Takalar, Gowa, Sinjai, Maros, Pangkep, Barru, Bone, Soppeng, Wajo, Sidrap, Pinrang, Enrekang, Luwu, Tana Toraja, Luwu Utara, Luwu Timur, kota Makassar dan Kota Palopo. Apabila fasilitas kesehatan lebih besar dari 514,39

naik sebesar satu %, maka IPM cenderung turun sebesar 4,29

%, tidak ada wilayah yang nilai fasilitas kesehatannya masuk dalam kategori ini.

- e. Apabila  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ , dianggap konstan, maka pengaruh PDRB ( $x_5$ ) terhadap IPM adalah:

$$= 3,06 - 4,13 \beta_1 - 1,95 \beta_2 (x_5 - 7990,12) - 2,13 \beta_3 (x_5 - 9745,56) - 4,20 \beta_4 (x_5 - 79963,03)$$

$$\square \quad 3,06 \square 4,13 x_5 \quad ;$$

$$\square$$

$$\square 15583,79 \square 6,08 x_5 \quad ; \quad x_5 \square 7990,12$$

$$\square \square \quad 7990,12 \square x_5 \square 9745,56$$

$$\square 36341,83 \square 8,21 x_5 \quad ; \quad 9745,56 \square x_5 \square 79963,03$$

$$\square \square 272186,56 \square 12,41 x_5 \quad ; \quad x_5 \square 79963,03$$

Ketika nilai PDRB kurang dari 7990,12 naik sebesar satu %, maka IPM

cenderung turun sebesar sebesar 4,13 %.

Wilayah yang masuk dalam kategori ini yaitu Selayar, Bulukumba, Bantaeng, Jeneponto, Takalar, Sinjai, Barru, Soppeng, Sidrap, Enrekang, Luwu, Tana Toraja, Luwu Utara, Kota

Pare-pare dan Kota Palopo. Apabila PDRB berkisar antara 7990,12 hingga

9745,56 naik sebesar satu %, maka IPM cenderung turun sebesar 6,08 %.

Wilayah yang masuk dalam kategori ini yaitu Pinrang. Apabila PDRB berkisar 9745,56 hingga 79963,03 naik sebesar satu %, maka IPM cenderung turun sebesar 8,21 %. Wilayah yang masuk dalam kategori ini yaitu Gowa, Maros, Pangkep, Bone, Wajo, dan Luwu Timur. Apabila PDRB lebih besar dari 79963,03 naik sebesar satu %, maka IPM cenderung turun sebesar 12,41 %, Wilayah yang masuk dalam kategori ini yaitu Kota Makassar.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Pada tahun 2015 nilai IPM di Provinsi Sulawesi Selatan tercatat 69,15, meningkat dibanding tahun sebelumnya yaitu sebesar 68,49, menurut (BPS, 2016). Angka IPM tertinggi berada pada Kota Makassar sebesar 80,53, sedangkan IPM terendah berada pada Kabupaten Jeneponto sebesar 61,81.
2. Model regresi nonparametrik spline untuk IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan diperoleh dari titik knot optimal menggunakan GCV minimum. Untuk pemilihan satu titik knot didapatkan nilai GCV minimum sebesar 30,91, dua titik knot dengan nilai GCV minimum sebesar 6,45, dan tiga titik knot dengan nilai GCV minimum sebesar 5,33. Dari ketiga knot tersebut nilai GCV yang paling optimal digunakan yaitu tiga titik knot dengan nilai GCV minimum sebesar 5,33. Nilai kebaikan model atau yang diperoleh sebesar 80,29% dengan lima peubah yang signifikan. Berikut model regresi nonparametrik spline terbaik yang didapatkan:

$$\begin{aligned}
= & 3,06 + 9,91 + 6,79(-92,32) + 6,84(-103,21) - 7,23(-538,72) - 9,95 + \\
& 1,02(-11,63) + 3,21 \\
& (-11,85) \quad + 5,46 \quad (-21,37) \quad + 5,50 + 8,59 \\
& (-542,41) - 1,12(-709,88) \quad + 1,58(-7408,65) \\
& -2,27 \quad + 2,03(-81,84) \quad + 0,00(-91,45) - 4,05 \\
& (-514,39) \quad - \quad 4,13 - 1,95 \quad (-7990,12) - 2,13 \\
& (-9745,56) - 4,20(-79963,03)
\end{aligned}$$

3. Berdasarkan hasil analisis diperoleh bahwa faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap IPM kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan adalah TPAK, RSM, Kepadatan Penduduk, Fasilitas Kesehatan dan PDRB.

## B. Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan oleh penulis yaitu sebagai berikut:

1. Bagi penelitian selanjutnya, sebaiknya menambah jumlah peubah yang diduga berpengaruh terhadap nilai IPM di Provinsi Sulawesi Selatan, seperti jumlah penduduk miskin, angka harapan hidup, dan persentase buta huruf.
2. Bagi pemerintah, sebaiknya memperhatikan peubah yang mempunyai pengaruh cukup besar pada nilai IPM di Provinsi seperti Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja.

## DAFTAR PUSTAKA

- BPS. (2016). *Indeks Pembangunan Manusia 2010-2014*.
- BPS. (2016). *Indeks Pembangunan Manusia 2015*.
- Budiantara, I. N. (2009). *Spline dalam Regresi Nonparametrik dan Semiparametrik: Sebuah Pemodelan Statistika Masa Kini dan Masa Mendatang*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Demu, K. R, Saputra, D. S. & Widyaningsi, P. (2017), *Model Regresi Nonparametrik Truncated pada data Indeks Pembangunan Manusia (IPM)*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Draper, N. R. & Smith, H. (1992). *Analisis Regresi Terapan*, Diterjemahkan oleh: Bambang Sumantri, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Eubank, R. (1988). *Spline Smoothing and Nonparametric Regression*. New York: Marcel Dekker.
- Fajriyah, Nurul. & Budiantara, I. N. (2015). Pemodelan Indeks Pembangunan Gender dengan Pendekatan Regresi Nonparametrik Spline di Indonesia. *Jurnal Sains dan Seni ITS (Nomor 2 Vol 4)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hardle, W. (1990). *Applied Nonparametric Regression*, Cambridge University Press, New York.
- Nafi, M. & Budiantara, I. N. (t,thn.). *Estimasi interval spline dalam regresi nonparametrik*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Respita, R. D. (2017). Perbandingan model regresi spline dan multivariate adaptive regression splines untuk analisis survival pada pasien kanker serviks di RSUD DR.Soetomo Surabaya. *Tesis*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- United Nations Development Programme. (1993). *Human Development Report*, New York: UNDP.
- Wahba, G. (1990). *Spline Models For Observasion Data*, SIAM. Pensylvania.
- Wulandari, Krisna. (2017). Pemodelan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Angka Morbiditas Di Jawa Timur Menggunakan Regresi Nonparametrik Spline. *Tesis*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Yanthi, N. D. & Budiantara, I. N. (2016). Pemodelan Faktor-faktor yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia Menggunakan Regresi Nonparametrik Spline di Jawa Tengah. *JURNAL SAINS DAN SENI ITS*, 2337-3520.



## **RIWAYAT HIDUP**

**Asmira**, lahir di Lombongan Provinsi Sulawesi Barat pada tanggal 29 November 1994, anak kedua dari 8 bersaudara dari buah cinta kasih Alhamsi dan Saripahana. Mulai memasuki jenjang pendidikan taman kanak-kanak pada tahun 2000 di TK Babussalam Mosso dan lulus pada tahun 2001, pada tahun 2001 melanjutkan pendidikan Sekolah Dasar di SD Inpres 20 Ambawe dan lulus pada tahun 2007. Pada tahun 2007 melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 5 Sendana dan lulus pada tahun 2010. Kemudian pada tahun 2010 melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Sendana dan lulus pada tahun 2013. Pada tahun 2013 terdaftar sebagai mahasiswa aktif di Universitas Negeri Makassar, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA), Program Studi Statistika Angkatan 2013. Adapun Pengalaman Organisasi yang telah dilalui yaitu Pengurus HIMASTAT (Himpunan Mahasiswa Statistika) periode 2014-2015, dan MAPHAN (Mahasiswa Peduli HIV/AIDS dan Napza) periode 2015-2016.